



**TUGAS AKHIR – ME 141501**

**ANALISA PENGARUH RANCANGAN SUDUT *INTAKE GRATING*  
TERHADAP EFISIENSI *THRUST* PADA *WATER JET* TANK AMFIBI**

DHIKI MATULAVELA  
NRP 4212 100 095

Dosen Pembimbing  
Irfan Syarief Arief, ST., MT.  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**FINAL PROJECT – ME 141501**

**EFFECT ANALYSIS OF INTAKE GRATING ANGLE DESIGN TO  
EFFICIENCY OF WATER JET THRUST IN AMPHIBIAN TANK**

**DHIKI MATULAVELA**  
NRP 4212 100 095

Supervisor  
Irfan Syarief Arief, ST., MT.  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA PENGARUH RANCANGAN SUDUT *INTAKE GRATING* TERHADAP EFISIENSI *THRUST* PADA *WATER JET TANK* AMFIBI**

#### **SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :  
Bidang studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

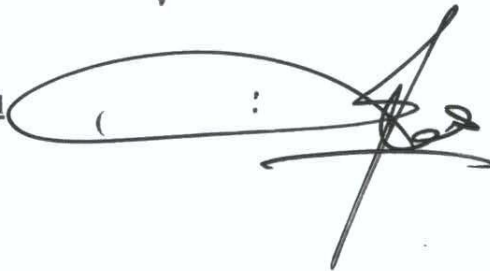
**DHIKI MATULAVELA**  
NRP. 4212100095

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

**Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.**  
NIP. 1969 1225 1997 02 1001



**Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil**  
NIP. 1968 0928 1991 02 1001



SURABAYA  
Juli 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA PENGARUH RANCANGAN SUDUT *INTAKE GRATING* TERHADAP EFISIENSI THRUST PADA *WATER JET TANK* AMFIBI**

#### **SKRIPSI**

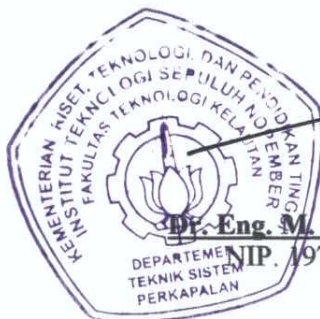
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :

Bidang studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DHIKI MATULAVELA**  
NRP. 4212100095

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.**

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**ANALISA PENGARUH RANCANGAN SUDUT  
INTAKE GRATING TERHADAP EFISIENSI THRUST PADA WATERJET  
TANK AMFIBI**

Nama Mahasiswa : Dhiki Matulavela  
NRP : 4212100095  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.  
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

**ABSTRAK**

*Water jet propulsion* pada tank amfibi adalah sistem penggerak yang pengoperasiannya menggunakan sistem semburan air sebagai media pendorong. Sehingga besarnya gaya dorong tergantung dari pasokan air. Pada bagian *intake* biasanya dipasang *grating* agar kotoran tidak masuk ke dalam sistem. Namun pemasangan *grating* ini dapat mengurangi pasokan air. Oleh karena itu diperlukan perencanaan *intake grating* yang baik. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui rancangan sudut *grating* yang sesuai agar mendapat penurunan efisiensi thrust yang seminimal mungkin serta mendapatkan penurunan jumlah air yang masuk pada *intake water jet* yang seminimal mungkin. Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) dan perhitungan secara analitik. Sudut *intake grating* divariasikan dari 15°, 30°, 45° dan 60° yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil tanpa menggunakan *grating*. Dimana *grating* yang digunakan adalah *flatbar*. Dari hasil analisa didapat jumlah air yang masuk pada *intake water jet* yang paling banyak adalah pada sudut 15° dengan nilai debit air sebesar 0,62 m<sup>3</sup>/s, sedikit mengalami peningkatan dari debit air tanpa menggunakan *grating* yang memiliki debit 0,60 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan nilai *thrust* yang paling besar adalah pada variasi sudut 15° yaitu sebesar 216,4 N, bahkan lebih besar dari nilai thrust tanpa menggunakan *grating* yang hanya 127,3 N.

**Kata Kunci :** *water jet, intake grating, debit, thrust*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **EFFECT ANALYSIS OF INTAKE GRATING ANGLE DESIGN TO EFFICIENCY OF WATER JET THRUST IN AMPHIBIAN TANK**

Student Name : Dhiki Matulavela  
NRP : 4212100095  
Department : Marine Engineering  
Lecturer : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.  
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

## **ABSTRACT**

Water jet propulsion in amphibious tanks is a propulsion system that operates using a water spray system as a thruster. So the value of the thrust depends on the water supply. In the intake is usually installed grating so that dirt does not enter into the system. However, installation of these gratings can reduce water supply. Therefore, good intake grating planning is required. The purpose of this thesis is to know the design of appropriate angle of gratings in order to get a minimum thrust efficiency reduction as well as to get a decrease in the amount of water that enters the intake water jet as minimum as possible. This thesis will use computational fluid dynamics (CFD) method and analytical calculation. The intake angle of the grating is varied from  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $60^\circ$  which will be compared with the result without using the gratings. From the analysis results obtained the flow rate of water entering intake water jet at the most is at an angle of  $15^\circ$  with a flow rate value of  $0.62 \text{ m}^3/\text{s}$ , slightly increased from the flow of water without using a grating that has a flow rate of  $0.60 \text{ m}^3/\text{s}$ . While the largest thrust value is at the variation of the angle of  $15^\circ$  that is equal to 216.4 N, even greater than the value of thrust without using gratings of only 127.3 N.

***Keywords : water jet, intake grating, flow rate, thrust***

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Segala puji senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat serta hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Pengaruh Rancangan Sudut *Intake Grating* terhadap Efisiensi *Thrust* pada *Waterjet* Tank Amfibi” ini.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih pada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih begitu banyak kekurangan dalam berbagai hal. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN I.....	v
LEMBAR PENGESAHAN II.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah .....	2
1.4    Tujuan Penelitian .....	3
1.5    Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Tank Amfibi.....	5
2.2    Water Jet Propulsion .....	5
2.3    Intake Grating .....	8
2.4    Thrust .....	9
2.5    Actuator Disc Theory.....	11
2.6    Computational Fluid Dynamics .....	12
2.7    Model Viskos .....	15
BAB III METODOLOGI.....	19
3.1    Umum .....	19
3.2    Perumusan Masalah .....	19
3.3    Studi Literatur .....	19
3.4    Pengumpulan Data .....	19
3.5    Penentuan Ukuran <i>Intake Grating</i> .....	20
3.6    Penggambaran Model .....	21

3.7	Proses Simulasi .....	24
3.8	Perhitungan dan Analisa .....	29
3.9	Kesimpulan dan Saran .....	29
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Umum .....	31
4.2	Hasil Simulasi .....	31
4.3	Pengambilan Data Hasil Simulasi.....	33
4.4	Perhitungan Hasil Simulasi.....	35
4.5	Pembahasan.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....		49
LAMPIRAN.....		51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi <i>water jet propulsion</i> pada kapal .....	2
Gambar 1.2 Ilustrasi <i>water jet propulsion</i> pada tank amfibi.....	2
Gambar 2.1 <i>Water jet propulsion</i> pada kapal .....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi pemasangan <i>intake grating</i> pada <i>water jet</i> .....	9
Gambar 2.3 <i>Thrust</i> pada <i>nozzle</i> .....	10
Gambar 2.4 Contoh pengaplikasian actuator disc theory .....	11
Gambar 3.1 Perencanaan ukuran <i>flat bar</i> .....	20
Gambar 3.2 Perencanaan pemasangan <i>grating</i> pada sudut 45° .....	21
Gambar 3.3 Tank Amfibi APC Type 20 Personnel .....	21
Gambar 3.4 <i>Ducting Waterjet</i> .....	22
Gambar 3.5 Geometri <i>Propeller</i> .....	23
Gambar 3.6 Proses penggambaran <i>grating</i> .....	24
Gambar 3.7 Penggambaran <i>domain</i> .....	24
Gambar 3.8 Model setelah diimport ke <i>Numeca</i> .....	25
Gambar 3.9 Penentuan <i>domain</i> .....	25
Gambar 3.10 Penentuan <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> (1 <i>inlet</i> dan 2 <i>outlet</i> ).....	26
Gambar 3.11 Penentuan bagian <i>solid</i> .....	26
Gambar 3.12 Penentuan bagian <i>external</i> .....	27
Gambar 3.13 Hasil <i>meshing</i> pada <i>Numeca</i> .....	27
Gambar 3.14 Penggambaran <i>disc</i> pada model .....	28
Gambar 3.15 <i>Block connections</i> .....	29
Gambar 4.1 Hasil simulasi tanpa <i>grating</i> .....	31
Gambar 4.2 Hasil simulasi dengan sudut <i>grating</i> 15° .....	32
Gambar 4.3 Hasil simulasi dengan sudut <i>grating</i> 30° .....	32
Gambar 4.4 Hasil simulasi dengan sudut <i>grating</i> 45° .....	33
Gambar 4.5 Hasil simulasi dengan sudut <i>grating</i> 60° .....	33
Gambar 4.6 Kecepatan <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada <i>nozzle</i> .....	34
Gambar 4.7 <i>Sampling</i> kecepatan <i>inlet nozzle</i> .....	34
Gambar 4.8 Grafik debit air pada masing-masing variasi sudut <i>intake grating</i> .....	43
Gambar 4.9 Grafik nilai <i>thrust</i> pada masing-masing variasi sudut <i>intake grating</i> .....	44
Gambar 4.10 Grafik efisiensi pada masing-masing variasi sudut <i>intake grating</i> .....	45

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi .....	35
Tabel 4.2 Debit Air .....	42
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Thrust</i> .....	43
Tabel 4.4 Perhitungan Efisiensi .....	44

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

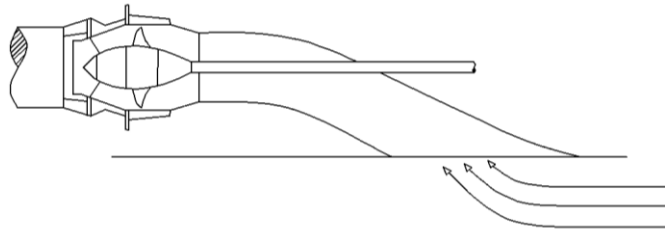
### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki pasukan tentara yang sangat terlatih dari segi kemampuan berperang. Selain itu peralatan perang dan persenjataan yang dimiliki oleh Indonesia juga tergolong lengkap. Salah satu peralatan perang yang dimiliki Indonesia adalah tank amfibi. Tank amfibi merupakan kendaraan tempur lapis baja yang dilengkapi dengan persenjataan yang lengkap serta dapat melaju baik di darat maupun di laut. Karena dapat melaju di kedua daerah itulah maka tank amfibi memiliki dua penggerak yang berbeda. Ketika melaju di darat, tank amfibi bergerak dengan roda berantai yang digerakkan oleh mesin. Sedangkan ketika melaju di laut, pada tank amfibi modern biasanya menggunakan water jet sebagai penggerak utamanya.

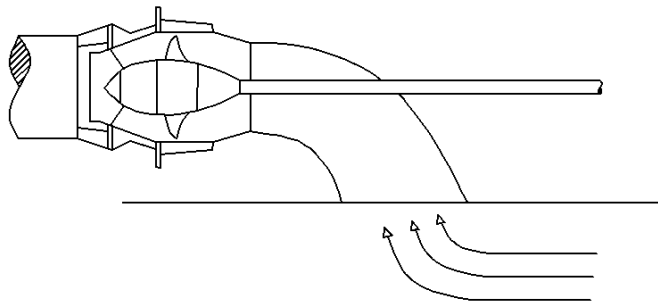
*Water jet propulsion* pada tank amfibi adalah sistem penggerak yang menggunakan pompa sebagai media untuk menggerakkan tank amfibi. Sistem pengoperasian gerakannya menggunakan sistem semburan air sebagai media pendorong, sehingga tank amfibi dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Aliran air yang tersembur melalui nosel akan menghasilkan gaya dorong (*thrust*), hal ini dikarenakan adanya kenaikan kecepatan aliran yang masuk melalui saluran kemudian menyebabkan terjadinya perbedaan momentum dan membuat tank amfibi dapat bergerak.

Sehingga besarnya gaya dorong pada *water jet* tergantung dari pasokan air yang masuk pada bagian *intakenya*. Semakin besar air yang masuk maka semakin besar pula gaya dorong yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya. Semakin kecil air yang masuk maka gaya dorongnya semakin kecil. Pada bagian *intake* biasanya dipasang *grating* agar kotoran seperti sampah tidak masuk ke dalam sistem dan mengganggu proses kerja sistem propulsi. Namun perlu diperhatikan bahwa pemasangan *grating* ini dapat mengurangi pasokan air yang masuk sehingga gaya dorong *water jet* dapat berkurang. *Grating* yang terlalu tebal dapat mengurangi jumlah air yang masuk, sebaliknya *grating* yang terlalu tipis dapat menyebabkan kotoran atau sampah masuk dan terjadi penyumbatan. Sehingga diperlukan perencanaan *intake grating* yang baik agar jumlah air yang masuk dapat maksimal dan dapat menghasilkan gaya dorong yang maksimal pula.

Tank amfibi memiliki desain yang unik dan berbeda jika dibandingkan dengan desain kapal. Diantaranya yaitu desainnya yang sempit dan pendek, bodynya berbentuk box/barge dengan rasio yang mendekati 1 (satu), serta menggunakan aksesoris roda rantai yang tidak dimiliki kapal. Selain itu intake ducting pada tank amfibi juga lebih pendek dari kapal. Hal ini menyebabkan air yang masuk melalui *intakenya* tidak bisa alami atau *streamline* seperti pada kapal. Sehingga perlu perlakuan khusus pada bagian *intakenya* agar air yang masuk dapat maksimal. Berikut adalah ilustrasi perbedaan *intake ducting* pada kapal dan tank amfibi.



Gambar 1.1 Ilustrasi *water jet propulsion* pada kapal



Gambar 1.2 Ilustrasi *water jet propulsion* pada tank amfibi

Dari latar belakang inilah maka akan dilakukan percobaan untuk pengaruh variasi sudut *intake grating* terhadap *thrust* yang dihasilkan oleh water jet pada tank amfibi. Analisa dilakukan dengan menggunakan *software* komputer berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sudut *grating* pada *intake water jet* yang sesuai agar mendapatkan pengurangan efisiensi *thrust* pada tank amfibi yang seminimal mungkin.
2. Bagaimana rancangan sudut *intake grating* yang sesuai agar mendapatkan pengurangan jumlah air yang masuk pada *intake water jet* yang sesedikit mungkin.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan – batasan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Hanya membahas *thrust* yang dihasilkan oleh *water jet* akibat perubahan sudut dari *intake grating* pada *water jet* tank amfibi.
2. Analisa teknis tidak membahas *control* untuk merubah sudut *intake grating* dari *water jet*.
3. Metode yang dipakai untuk analisa *thrust* dari *water jet* menggunakan metode CFD.
4. Tank amfibi yang dianalisis adalah Type APC 20 personel.

5. Jenis *grid* yang digunakan adalah *flat bar*.
6. Tidak membahas masalah konstruksi.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini antara lain :

1. Untuk mengetahui rancangan sudut *grating* yang sesuai pada *intake water jet* agar mendapatkan penurunan efisiensi *thrust* yang seminimal mungkin pada tank amfibi.
2. Untuk mengetahui rancangan sudut *intake grating* yang sesuai untuk mendapatkan penurunan jumlah air yang masuk pada *intake water jet* yang seminimal mungkin.

#### **1.5 Manfaat**

1. Mengetahui pengaruh rancangan sudut *intake grating* terhadap efisiensi *thrust* pada *water jet* tank amfibi.
2. Mengetahui pengaruh rancangan sudut *intake grating* terhadap jumlah air yang masuk pada *intake water jet* tank amfibi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Berbicara mengenai persenjataan yang dimiliki oleh suatu negara, tentunya tiap-tiap negara harus memiliki persenjataan yang canggih, demi mempertahankan negara dari bahaya perang. Salah satu hal yang harus dimiliki dari suatu negara adalah lengkapnya persenjataan yang dimiliki oleh negara tersebut. Perlengkapan senjata yang harus dimiliki tentu peralatan perang yang canggih. Suatu negara akan mendapatkan kemenangan dalam suatu peperangan, jika memiliki pasukan yang elit dan juga persenjataan yang canggih. Jika hal tersebut dimiliki oleh suatu negara, tentunya mental perang yang tinggi dan kemenangan dalam perang akan ada di depan mata.

Negara Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki pasukan-pasukan yang sangat terlatih dari segi kemampuan berperang, dan juga peralatan perang yang komplit. Salah satunya adalah tank amfibi yang merupakan kendaraan tempur lapis baja dengan teknologi dan persenjataan yang lengkap serta dapat melaju baik di darat maupun di laut.

#### **2.1 Tank Amfibi**

Tank amfibi adalah kendaraan tempur lapis baja yang dapat melaju baik di darat maupun di laut. Selain itu, tank amfibi dilengkapi dengan teknologi dan persenjataan yang lengkap karena memang digunakan untuk tempur. Ciri utama tank adalah pelindungnya yang biasanya adalah lapisan baja yang berat, senjatanya yang merupakan meriam besar, serta mobilitas yang tinggi untuk bergerak dengan lancar di segala medan. Tank tersebut menggunakan bagian ruang yang kosong dan berfungsi untuk mengapung diatas air. Selain itu, alasan mengapa tank tersebut bisa mengapung karena bentuk dari tank menyerupai seperti kapal, yang memang sudah didesain untuk mengapung diatas air.

Meskipun tank amfibi merupakan kendaraan yang mahal dan membutuhkan persediaan logistik yang banyak, namun tank adalah senjata darat paling tangguh dan serba-bisa pada medan perang modern, dikarenakan kemampuannya untuk menghancurkan target darat apapun, dan efek mentalnya terhadap infanteri.

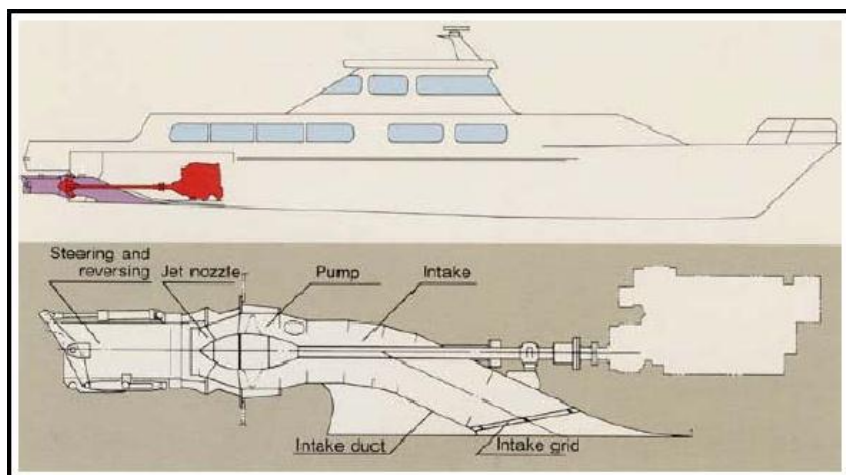
Karena dapat melaju di darat maupun di laut, tank amfibi memiliki dua penggerak yang berbeda ketika melaju di darat dan di laut. Saat melaju di darat, tank amfibi biasanya menggunakan mesin seperti mesin diesel contohnya yang menggerakkan roda berantai sehingga tank dapat bergerak di darat. Sedangkan saat melaju di laut pada tank-tank amfibi modern biasanya menggunakan *water jet* sebagai penggerak utamanya.

#### **2.2 Water Jet Propulsion**

##### **2.2.1 Pengertian *water jet propulsion***

*Water jet propulsion* pada tank amfibi adalah sistem penggerak dengan menggunakan pompa sebagai media untuk menggerakkan tank amfibi. Sistem pengoperasian geraknya menggunakan sistem semburan air sebagai media pendorongnya, sehingga tank amfibi dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. [1]

Sistem propulsi *water jet* telah menjawab tentang kebutuhan akan aplikasi sistem propulsi untuk variasi dari *small high speed crafts*, meski sebenarnya juga banyak kita jumpai aplikasi sistem propulsi ini pada kapal-kapal yang berukuran relatif besar. Prinsip operasi dari *water jet*, air dihisap melalui sistem *ducting* oleh *internal pump* yangmana terjadi penambahan energi pada air. Kemudian, air tersebut disemprotkan ke belakang dengan kecepatan yang tinggi. Gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air. Sistem propulsi ini lebih sering kita jumpai menggunakan baling-baling konvensional. Karena suatu baling-baling konvensional mengalami kavitasi pada kecepatan sangat tinggi (hingga 45 knots), tetapi di dalam *water jet* unit pompa mestinya tidak terjadi kavitasi. [2]



Gambar 2.1 *Water jet propulsion* pada kapal [2]

Keberadaan sistem pompa (*water jet pump*) pada sistem propulsi *water jet* ini sama halnya dengan keberadaan mesin pendorong utama pada kapal – kapal laut. Akan tetapi yang menjadi pembeda adalah pada sistem ini masih harus ada penggerak yang digunakan untuk menggerakkan pompa *water jet*. Penggerak tersebut dapat berupa mesin diesel, turbin gas, motor listrik dan yang lainnya sejauh masih memungkinkan untuk digunakan pada sistem propulsi *water jet*.

### 2.2.2 Proses dan keuntungan *water jet*

Dalam prosesnya, air dari lingkungan akan dihisap melalui intake sebagai lubang pemasukan di dasar tank amfibi, kemudian laju aliran fluida yang terhisap akan dipercepat oleh aktuator yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan ke lingkungan kembali melalui nosel sebagai lubang pengeluaran yang terletak persis di atas permukaan air. Semburan air yang keluar melalui nosel diatur oleh deflektor untuk mengatur pergerakan maju atau mundurnya kapal sesuai dengan yang diinginkan.

Laju aliran air yang tersembur melalui lubang nosel akan menghasilkan gaya dorong (*thrust*), hal ini dikarenakan adanya kenaikan kecepatan aliran yang masuk melalui saluran untuk kemudian menyebabkan terjadinya perbedaan momentum, sehingga dapat membuat tank amfibi dapat bergerak. Perhatian yang utama dari sistem *water jet* adalah keseimbangan antara gaya dorong yang dibutuhkan untuk mendorong sehingga dapat bergerak maju sesuai dengan kecepatan yang direncanakan dengan gaya dorong yang diberikan oleh sistem *water jet*.

Adapun beberapa keistimewaan yang dimiliki oleh sistem propulsi *water jet* adalah, sebagai berikut [3]:

- Dengan tidak terdapatnya propeller dan kemudi di bagian luar, sehingga tidak terjadi obyek-obyek yang dapat memperbesar tahanan total.
- Sangat memungkinkan untuk dioperasikan di perairan dangkal.
- Mempunyai kemampuan akselerasi yang baik.
- Mempunyai kemampuan olah gerak yang baik.
- Penempatan *suction propeller (impeller)* di dalam selongsong saluran air akan dapat mengurangi terjadinya eksitasi getaran maupun tingkat kebisingan pada kapal.
- Pada saat kecepatan yang relatif tinggi, efisiensi propulsif dapat diusahakan cukup tinggi sehingga dapat dibandingkan dengan sistem penggerak propeller.

### 2.2.3 Karakteristik *water jet propulsion*

Metode untuk mendorong benda pada medium fluida didasarkan pada prinsip reaksi (*reaction principle*) yang pertama kali ditemukan oleh Sir Isaac Newton (1642-1727). Prinsip reaksi menyatakan bahwa bahwa setiap aksi akan menimbulkan reaksi yang sama besarnya tetapi berlawanan arahnya. Contoh dari prinsip reaksi ini misalnya ketika menembakkan senapan maka akan ada reaksi dari senapan yang berupa gaya dorong ke belakang. Penerapan prinsip reaksi hanya berbeda pada metode-metode dan mekanisme-mekanisme yang digunakan untuk menghasilkan suatu aksi gerakan. Pada sistem propulsi *water jet*, dengan adanya aksi gaya dorong akan menyebabkan kapal dapat bergerak ke depan dengan kecepatan tertentu. Gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan sistem propulsi *water jet* diakibatkan karena adanya kenaikan momentum aliran dari saluran *inlet* sampai *outlet nozzle*. [3]

#### a. Gaya Dorong

Dalam pengukuran gaya dorong dan torsi sistem penggerak *water jet*, pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggunakan hukum kekekalan dasar momentum dan energi untuk menghitung gaya dorong dari sistem propulsi *water jet*nya. Bersamaan dengan berkembangnya penggunaan sistem propulsi *water jet* di kapal, pengkajian yang lebih intensif dan mendalam telah dilakukan dan menghasilkan kesimpulan bahwa penggunaan teori momentum dasar saja tidak dapat dibenarkan, karena teori ini mengabaikan

pengaruh - pengaruh sekunder yang juga berperan dalam pencapaian efisiensi propulsif untuk dapat dibandingkan dengan *propeller*.

Secara garis besar, teori dasar momentum tetap dapat digunakan karena memuat hukum dasar untuk penghitungan sistem penggerak *water jet*. Tetapi selanjutnya, dalam penggunaan teori momentum dasar tersebut harus dikoreksi dengan pengaruh praktis di lapangan melalui pengujian model fisik. Gaya dorong merupakan aksi dari pompa yang mengakibatkan fluida mengalir melalui saluran dengan memberikan energi pada sistem, kemudian dirubah oleh nosel sehingga terjadi kenaikan momentum aliran.

b. Daya Dorong Efektif

Daya dorong efektif pada sistem propulsi *water jet* adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Daya dorong yang dihasilkan suatu sistem propulsi harus mampu mengatasi beban tahanan aliran agar kecepatan yang direncanakan dapat tercapai.

c. Head Loss

Bila suatu fluida mengalir dari satu titik ke titik lainnya maka aliran fluida tersebut akan menimbulkan energi mekanik. Pada aliran fluida yang mempunyai kekentalan maka efek dari gesekan akan menimbulkan adanya perubahan energi dalam (*internal energy*) pada fluida tersebut, sehingga akan menimbulkan adanya perubahan energi mekanik dari fluida tersebut.

d. Daya Pompa

Aksi dari *impeller* pompa akan menyebabkan fluida dapat mengalir pada tekanan dan laju aliran tertentu. Tetapi hal ini juga akan mengakibatkan adanya kerugian energi sehingga harus dipertimbangkan dalam perencanaan instalasinya. Berdasarkan prinsip Naval Architecture 1988 untuk perencanaan sistem propulsi *water jet* yang baik, besarnya faktor kerugian inlet ( $\zeta$ ) disarankan antara 0,15 sampai dengan 0,35. Pada umumnya sistem propulsi *water jet* menggunakan pompa khusus dimana konstruksinya menyatu dengan instalasi (*ducting*) sehingga koefisien kerugian pipa telah diperhitungkan dalam desain pompa awal oleh pihak pabrik pembuat pompa. *Head* pompa merupakan besarnya *head* tekan yang dihasilkan oleh sistem pompa untuk mengatasi kerugian aliran pada sistem propulsi *water jet*, maka *head* tersebut tergantung pada sistem instalasi dimana pompa tersebut akan dipasang.

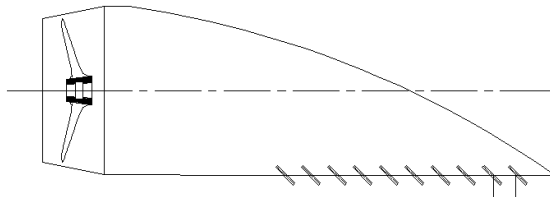
## 2.3 Intake Grating

Dalam proses sistem propulsi *water jet*, air dari lingkungan akan dihisap melalui intake sebagai lubang pemasukan di dasar tank amfibi, kemudian laju aliran fluida yang terhisap akan dipercepat oleh aktuator yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan ke lingkungan kembali melalui nosel sebagai lubang pengeluaran yang terletak persis di atas permukaan air. Laju aliran air yang tersembur melalui lubang nosel akan menghasilkan gaya dorong (*thrust*), hal ini dikarenakan adanya kenaikan kecepatan aliran yang masuk melalui saluran

untuk kemudian menyebabkan terjadinya perbedaan momentum, sehingga dapat membuat tank amfibi dapat bergerak.

Sehingga besarnya gaya dorong pada *water jet* tergantung dari pasokan air yang masuk pada bagian intakenya. Semakin besar air yang masuk maka semakin besar pula gaya dorong yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya. Semakin kecil air yang masuk maka gaya dorongnya semakin kecil. Pada bagian *intake* biasanya dipasang *grating* agar kotoran seperti sampah atau puing-puing tidak masuk ke dalam sistem dan mengganggu proses kerja sistem propulsi *water jet*.

*Intake grating/ grid* pada sistem propulsi *water jet* berfungsi untuk melindungi *water intake* dari puing-puing yang ikut tersedot masuk ke dalam inlet *water jet*. Apabila terdapat material asing yang ikut masuk ke dalam inlet maka hal tersebut dapat mengganggu proses kerja sistem propulsi *water jet*. Selain itu perencanaan *intake grating* yang baik dapat meningkatkan efisiensi thrust pada sistem propulsi *water jet*. Berikut ilustrasi pengaplikasian *intake grating* pada *water jet*.



Gambar 2.2 Ilustrasi pemasangan *intake grating* pada *water jet*

## 2.4 Thrust

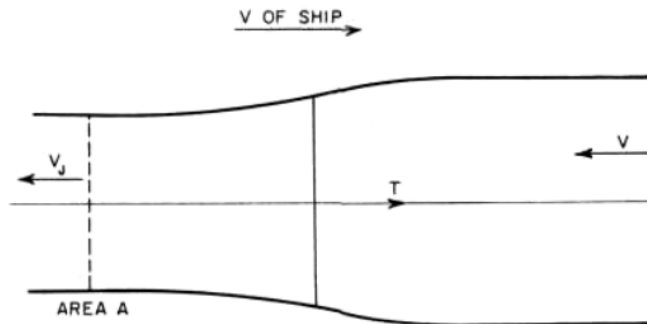
Gaya dorong (*thrust*) merupakan aksi dari pompa yang mengakibatkan fluida mengalir melalui saluran dengan memberikan energi pada sistem, kemudian dirubah oleh *nozzel* sehingga terjadi kenaikan momentum aliran. [4]

Dalam pengukuran gaya dorong dan torsi sistem penggerak *water jet*, pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggunakan hukum kekekalan dasar momentum dan energi untuk menghitung gaya dorong dari sistem *water jet*nya. Bersamaan dengan berkembangnya penggunaan sistem propulsi *water jet* di kapal, pengkajian yang lebih intensif dan mendalam telah dilakukan dan menghasilkan kesimpulan bahwa penggunaan teori momentum dasar saja tidak dapat dibenarkan, karena teori ini mengabaikan pengaruh - pengaruh sekunder yang juga berperan dalam pencapaian efisiensi propulsif untuk dapat dibandingkan dengan *propeller*.

Secara garis besar, teori dasar momentum tetap dapat digunakan karena memuat hukum dasar untuk penghitungan sistem penggerak *water jet*. Tetapi selanjutnya, dalam penggunaan teori momentum dasar tersebut harus dikoreksi dengan pengaruh praktis di lapangan melalui pengujian model fisik.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan identifikasi dan perumusan masalah yaitu berapa sudut *intake grating* agar mendapat efisiensi *thrust* yang maksimal pada *water jet* tank amfibi. Lingkup penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan pengujian model dan pencatatan data. Pengujian dilakukan dengan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamics*), menggunakan *software* Numeca dengan memvariasikan sudut *intake grating*

*waterjet*. Setelah simulasi pada CFD selesai, selanjutnya adalah analisa data dan pembahasan yaitu membandingkan data yang didapat dari pengujian model.



Gambar 2.3 Thrust pada *nozzle* [5]

Gaya dorong pada sistem propulsi *water jet* berasal dari reaksi yang diberikan oleh perubahan momentum aliran air yang melalui *nozzle*. Berdasarkan buku *Principles of Naval Architecture (1988)* untuk menghitung *thrust* (gaya dorong) waterjet untuk fluida ideal berdasarkan gambar di atas adalah [5]:

$$\text{Laju aliran massa} = \rho V_j A$$

$$\text{Perubahan kecepatan} = (V_j - V)$$

Sehingga untuk thrust diberikan:

$$T = \rho V_j A (V_j - V) \quad (1)$$

Dimana:

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$A$  = luas penampang *nozzle* ( $\text{m}^2$ )

$V_j$  = kecepatan outlet ( $\text{m/s}$ )

$V$  = kecepatan inlet ( $\text{m/s}$ )

Setelah nilai gaya dorong didapat melalui persamaan di atas maka kita dapat menentukan efisiensi dari masing-masing variasi yang telah ditentukan di awal. Merujuk pada buku *Principles of Naval Architecture (1988)* maka untuk menghitung nilai efisiensi pada *waterjet propulsion* adalah sebagai berikut:

Diketahui sebelumnya bahwa nilai *thrust*:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

Kerja yang berguna pada kapal:

$$TV = \rho V_j A (V_j - V)V$$

Energi kinetik yang hilang pada discharge

$$= \frac{1}{2} \rho V_j A (V_j - V)^2$$

Efisiensinya adalah:

$$\eta = \frac{\text{useful work}}{\text{useful work} + \text{lost jet energy}}$$

$$\eta = \frac{\rho V_j A (V_j - V)V}{\rho V_j A (V_j - V)V + \frac{1}{2} \rho V_j A (V_j - V)^2}$$

atau

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V} \quad (2)$$

Dimana:

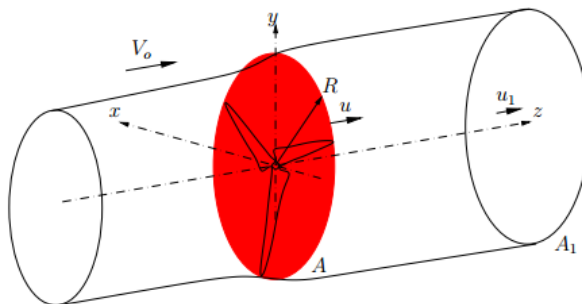
$\eta$  = Efisiensi

$V$  = Kecepatan inlet (m/s)

$V_j$  = Kecepatan outlet (m/s)

## 2.5 Actuator Disc Theory

*Actuator disc theory* atau *Froude's momentum theory* ini pada dasarnya adalah mengganti rotor atau propeller yang sebenarnya dengan cakram yang dapat ditembus dimana *force* pada *blade* didistribusikan pada cakram tersebut. [6] Teori ini pertama kali dikemukakan oleh Rankine (1865), Greenhill (1988) dan Froude (1989). Pada konsep ideal *propeller*, itu dianggap sebagai sebuah cakram atau mekanisme yang mampu memberikan peningkatan tekanan secara mendadak pada fluida yang melaluinya. [5]



Gambar 2.4 Contoh pengaplikasian actuator disc theory [6]

Gambar di atas merupakan contoh pengaplikasian *actuator disc theory*, dimana lingkaran berwarna merah tersebut merupakan *disc* yang dimaksud. Pada penulisan ini digunakan metode *actuator disc theory* untuk menggantikan propeller pada waterjet. Hal tersebut dikarenakan *number of cell* dari meshing propeller terlalu besar (hingga 15 juta *cells*). Sehingga proses komputasi akan sulit diselesaikan dengan spesifikasi komputer yang tersedia. Sehingga untuk melanjutkan pengerjaan tugas akhir ini, pada proses simulasi *propeller* digantikan dengan *actuator disc theory*.

Pada actuator disc ini diasumsikan bahwa [5]:

- a. Putaran *propeller* tetap sehingga *thrust* didistribusikan secara merata pada *disc*
- b. Tidak ada gesekan pada aliran fluida
- c. Aliran fluida yang melalui *disc* tidak terbatas

## 2.6 Computational Fluid Dynamics

### 2.6.1 Pengertian CFD

*Computational Fluid Dynamics* merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau *software*. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut *meshing*. Nantinya, pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer. [7]

Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

Hasil yang didapat pada *control point* terdekat dari penghitungan persamaan yang terlibat akan diteruskan ke kontrol point terdekat lainnya secara terus menerus hingga seluruh domain terpenuhi. Akhirnya, hasil yang didapat akan disajikan dalam bentuk warna, vektor dan nilai yang mudah untuk dilihat dengan konfigurasi jangkauan diambil dari nilai terbesar dan terkecil. Pemakaian CFD secara umum dipakai untuk memprediksi [7]:

- Aliran dan panas.
- Transfer massa.
- Perubahan fasa seperti pada proses melting, pengembunan dan pendidihan.
- Reaksi kimia seperti pembakaran.



- Gerakan mekanis seperti piston dan fan.
- Tegangan dan tumpuan pada benda solid.
- Gelombang electromagnet.

### 2.6.2 Proses perhitungan CFD

Secara umum proses penghitungan pada metode CFD terdiri atas 3 bagian utama, yaitu [8]:

#### a. *Preprocessor*

*Preprocessor* adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau sering disebut juga dengan *meshing*.

#### b. *Processor/solver*

Tahap selanjutnya adalah *processor*, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

#### c. *Postprocessor*

Tahap akhir merupakan tahap *postprocessor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

### 2.6.3 Penerapan aplikasi CFD di industri

Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD (*software CFD*) banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut. Atau dalam proses *design engineering* tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek.

Hal lain yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam akan suatu masalah yang akan diselesaikan atau dalam hal ini pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur dan bahkan animasi. Berikut adalah contoh penerapan aplikasi CFD di industri [9]:

#### a. *Aerospace*

Di industri ini penerapan CFD dipakai oleh para produsen/manufaktur pesawat militer, penumpang dan pesawat luar angkasa. Kemampuan CFD saat ini hingga mampu memodelkan hingga tingkat kompleksitas yang tinggi. Penggunaan konsep CFD ini dipakai untuk menganalisis *external aerodynamics*, *avionics cooling*, *fire supression*, *the icing*, *engine performance*, *life support*, *climate control*, dan sebagainya.

b. *Automotive*

Di bidang otomotif, aplikasi CFD dipakai oleh banyak perusahaan otomotif terkemuka di dunia. Aplikasi CFD dipakai guna melihat fenomena *external aerodynamics, cooling, heating, engine performance* dan pada dunia balap. Aplikasi CFD juga dipakai guna mengetahui performa pada komponen-komponen / sistem penunjang otomotif, seperti pompa, rem, *compressor, manifold*, ban, *headlamp*, dan lain-lain.

c. *Biomedical*

Biomedis merupakan salah satu bidang yang cukup menantang bagi CFD. Di bidang ini aplikasi CFD dipakai pada alat-alat medis dan anatomi tubuh manusia. Tapi, lagi-lagi konsep CFD mampu mengcapture kebutuhan di bidang ini. Aplikasi CFD dipakai untuk mengetahui bagaimana sistem yang ada di tubuh kita bekerja. Bahkan dengan bantuan sebuah aplikasi CFD dapat mempermudah memahami sebuah sistem dan membuat tiruannya guna membantu bagi yang memerlukannya. Aplikasi CFD dalam bidang ini dipakai pada pembedahan mata, aliran darah pada nadi, masuknya udara pada hidung, pengembangan pompa jantung, sistem penyaluran obat internal, spinal needle, dan lain-lain.

d. *Chemical process*

Dalam industri proses kimia hampir semua aliran bereaksi satu dengan yang lain. Kemampuan seorang *engineer* dalam memodelkan proses kimia ke dalam CFD membutuhkan pemahaman yang mendalam mulai dari sifat kimia, kinetis, sifat fisika, dinamik, karakteristik fluida, dsb. Kompleksnya pemodelan di industri ini seperti pada *mixing tank*, dan aliran *multifase* yang kadang melibatkan beberapa fase berbeda (cair, gas dan padat) saling bereaksi satu sama lain membuat pemodelan di bidang ini harus dilakukan oleh engineer berpengalaman di bidang ini. Proses kimia yang pada umumnya dimodelkan adalah *mixing, separation, reaction, combustion, filtration* dan *drying*.

e. *Equipment manufacturing*

Kebutuhan pemodelan dalam industri manufaktur produk pada umumnya berupa optimasi *design* dari produk baru yang akan dibuat atau *troubleshooting equipment* yang telah dipakai dengan cepat, minimum *downtime* serta *safety*. Dengan memodelkan suatu produk, kita bisa mengetahui perubahan yang terjadi ketika *design* diubah, sehingga dengan mudah mendapatkan hasil yang diinginkan dan tentunya juga kita dapat menyelesaikan masalah yang terjadi pada suatu sistem dengan cepat dan efisien. Pemodelan dalam industri manufaktur peralatan ini biasanya dipakai dalam pembuatan, *impeller*, turbin, *fan, propeller, vanes, ducting, valve, piping, seal* bahkan sebuah sistem.

f. *Semikonduktor*

Pemodelan di industri ini sangat berperan aktif dalam memodelkan *clean room ventilation*, *air handling*, *wafer processing*, optimisasi *furnace*. Di industri ini efisiensi dan optimisasi sangat diperlukan karena proses dengan teknologi tinggi sangat menelan biaya jika tidak dilakukan dengan efisien. Pemodelan CFD di bidang ini sudah mencapai teknologi plasma.

## 2.7 Model Viskos

Sebelum menentukan model viskos, harus ditentukan dulu apakah aliran fluida yang akan disimulasikan termasuk dalam aliran laminar atau aliran turbulen dengan menghitung bilangan Reynolds terlebih dahulu. Apabila termasuk aliran turbulen, maka model turbulensi yang tersedia adalah [10]:

- Model *Spalart-Allmaras*
- Model *k-epsilon*
  - *Standard*
  - *Renormalization-group (RNG)*
  - *Realizable*
- Model *k –  $\omega$* 
  - *Standard*
  - *Shear-stress transport (SST)*
- Model *Reynolds Stress (RSM)*
- Model *Large Eddy Simulation (LES)*

Aliran turbulen dikenali dengan adanya medan kecepatan yang berfluktuasi. Fluktuasi kecepatan tersebut membawa berbagai besaran seperti momentum, energi, konsentrasi partikel, sehingga besaran tersebut juga ikut berfluktuasi. Fluktuasi tersebut dapat terjadi pada skala kecil dan mempunyai frekuensi yang tinggi, sehingga terlalu rumit untuk dihitung secara langsung pada perhitungan rekayasa praktis. Oleh karena itu persamaan yang berhubungan dapat dirata-ratakan (*time-averaged*, *ensemble-averaged*), atau dimanipulasi untuk menghilangkan fluktuasi skala kecil. Dengan demikian persamaan-persamaan tersebut dapat lebih mudah untuk diselesaikan. Bagaimanapun juga, pada persamaan yang telah dimodifikasi tersebut terdapat tambahan variabel yang tidak diketahui, dan dibutuhkan model turbulensi untuk menentukan variabel-variabel tersebut.

Secara garis besar, model turbulensi dapat didekati dengan menggunakan dua pendekatan yaitu :

- Berdasarkan *Reynolds Averaged-Navier Stokes (RANS)*
- Berdasarkan *Large Eddy Simulation (LES)*

Kedua pendekatan tersebut sama-sama memerlukan model dengan besaran yang dirata-ratakan. [10]

### 2.7.1 Model *Spalart-Allmaras*

Model *Spalart-Allmaras* merupakan model turbulensi dengan satu persamaan yang menyelesaikan model persamaan transport untuk viskositas kinematik turbulen. Bentuk dasar model *Spalart-Allmaras* hanya efektif pada model dengan bilangan Reynolds yang kecil. Model ini dapat digunakan untuk simulasi yang relatif kasar dengan ukuran *mesh* yang relatif besar

dimana perhitungan aliran turbulen yang akurat bukan merupakan hal yang bersifat kritis.

Namun model ini tidak dapat digunakan untuk memprediksikan perubahan turbulensi isotropik yang homogen. Selain itu model ini juga sering dikritik karena ketidakmampuannya mengakomodasikan perubahan *length scale* secara cepat, misalnya pada kasus dimana aliran berubah secara tiba-tiba dari aliran dalam saluran (*wall bounded*) menjadi aliran bebas gesekan (*free shear flow*).

### **Model Detached Eddy Simulation (DES)**

Model ini otomatis muncul pada pilihan *viscous* khusus *solver* 3D. Model DES merupakan modifikasi dari model *Spalart-Allmaras*, dapat dipertimbangkan sebagai alternatif yang lebih praktis pengganti LES untuk memprediksi aliran dengan bilangan Reynolds yang besar.

#### **2.7.2 Model $k - \epsilon$**

Model ini merupakan model turbulensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (*turbulent velocity*) dan skala panjang (*length scale*) ditentukan secara independen. Kestabilan dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen membuat model ini sering digunakan pada simulasi aliran fluida dan perpindahan panas.

### **Model RNG $k - \epsilon$**

Pada model ini bentuk persamaan yang digunakan sama dengan model standar tetapi melibatkan beberapa perbaikan:

- Mempunyai besaran tambahan pada persamaan laju disipasi, epsilon, yang dapat meningkatkan akurasi untuk aliran yang terhalang secara tiba-tiba
- Terdapat efek putaran pada turbulensi sehingga meningkatkan akurasi untuk aliran yang berputar
- Menyediakan formula analitis untuk bilangan *Prandtl* turbulen
- Menyediakan formula untuk bilangan Reynolds rendah

### **Model *realizable k - epsilon***

Model ini merupakan pengembangan model yang relatif baru dan berbeda dengan model  $k - \epsilon$  dalam dua hal :

- Terdapat formulasi baru untuk memodelkan viskositas turbulen.
- Sebuah persamaan untuk epsilon telah diturunkan dari persamaan untuk menghitung fluktuasi viskositas rata-rata.

Salah satu keterbatasan model ini adalah terbentuknya viskositas turbulen non-fisik pada kasus dimana domain perhitungan mengandung zona fluida diam dan berputar.

#### **2.7.3 Model $k - \omega$**

### **Model k – omega standar**

Model ini merupakan model yang memasukkan beberapa modifikasi untuk menghitung efek aliran pada bilangan Reynolds rendah, kompresibilitas dan penyebaran aliran geser. Model ini dapat diaplikasikan pada aliran dalam saluran maupun aliran bebas geseran.

### **Model k – omega SST**

Model ini dikembangkan oleh Menter untuk memadukan formulasi model k – omega standar yang stabil dan akurat pada daerah di dekat dinding dengan model k – epsilon yang mempunyai kelebihan pada aliran *free-stream*. Sehingga model k – omega SST ini lebih akurat dan reliabel untuk cakupan jenis aliran yang lebih luas daripada k – omega standar.

## **2.7.4 Model Reynolds Stress**

Model *Reynolds Stress (RSM)* merupakan model yang paling teliti dan mendekati persamaan *Navier-Stokes (Reynolds-averaged)* dengan menyelesaikan persamaan transport untuk tegangan Reynolds bersama-sama dengan persamaan laju disipasi. Berarti dibutuhkan 4 persamaan transport tambahan pada aliran 2D dan 7 persamaan transport tambahan pada aliran 3D yang berarti proses komputasi lebih lama dan berat.

Karena RSM menghitung efek dari kurva *streamline* pusaran, putaran dan perubahan tiba-tiba pada aliran dengan lebih teliti, maka RSM dapat memprediksi yang lebih akurat untuk aliran kompleks.

Namun demikian RSM tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan model yang lebih sederhana pada semua jenis aliran. Tetapi RSM harus digunakan ketika pada aliran terdapat anisotropi dari tegangan Reynolds.

## **2.7.5 Model Large Eddy Simulation (LES)**

Aliran turbulen dicirikan dengan adanya *vortex/eddies* dengan berbagai skala panjang dan waktu. Secara teoritis memungkinkan untuk menyelesaikan seluruh skala turbulen dengan pendekatan *Direct Numerical Simulation (DNS)*. Namun model DNS ini membutuhkan daya komputasi yang sangat besar dan mesh yang digunakan juga harus kecil sekali.

Secara konsep LES berada diantara RANS dan DNS. Pada dasarnya *vortex* yang besar diselesaikan secara langsung pada LES sedangkan *vortex* yang kecil dimodelkan. Sehingga resolusi *mesh* lebih besar dibanding DNS namun masih lebih kecil dibandingkan dengan model yang lebih sederhana. Selain itu model LES membutuhkan komputasi yang besar.

## **2.7.6 Model Near Wall Treatment**

Pemodelan yang akurat di dekat dinding merupakan hal yang penting untuk kebanyakan aplikasi teknik karena perkiraan penurunan tekanan (*pressure drop*), separasi aliran, lapisan batas bergantung kepada kebenaran prediksi gaya geser local pada dinding tersebut.

Model turbulensi *k-epsilon* dan RSM pada dasarnya cukup akurat untuk aliran turbulen pada daerah yang jauh dari dinding, tetapi tidak dapat memprediksi perilaku aliran di dekat dinding dengan akurat, sehingga diperlukan *treatment* tambahan untuk membuat kedua model tersebut lebih akurat untuk memprediksi perilaku aliran di dekat dinding.

### 2.7.7 Daya komputasi dan ciri solusi

Model *Spalart-Allmaras* merupakan model turbulensi yang membutuhkan daya komputasi paling kecil, karena hanya menyelesaikan satu persamaan saja.

Model *k-epsilon* standar memerlukan daya komputasi yang lebih besar dari model *Spalart-Allmaras* karena harus menyelesaikan satu persamaan tambahan. Model *k-epsilon realizable* hanya membutuhkan daya komputasi sedikit lebih tinggi dari model *k-epsilon* standar. Sedangkan model RNG *k-epsilon* membutuhkan waktu komputasi 10-15% lebih lama dibandingkan *k-epsilon* standar karena adanya besaran dan fungsi tambahan yang harus diselesaikan.

Model RSM membutuhkan memori daya komputasi tambahan dan waktu yang lebih lama dibandingkan model *k-epsilon* dan *k-omega* karena persamaan yang harus diselesaikan lebih banyak. Rata-rata model RSM membutuhkan 50-60% lebih lama.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

Metodologi penelitian pada skripsi ini merupakan kegiatan yang dilakukan dalam menyelesaikan setiap permasalahan dan melakukan proses analisa terhadap permasalahan dalam skripsi. Sehingga dalam proses pengerjaannya, untuk mencapai hasil yang diinginkan maka diperlukan kerangka pengerjaan yang detail dan terstruktur. Kerangka tersebut berisi urutan – urutan langkah pengerjaan mulai dari perumusan masalah hingga diperoleh hasil akhir dan kesimpulannya.

### **3.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah merupakan proses identifikasi atau perumusan permasalahan-permasalahan yang kemungkinan akan terjadi mengenai masalah yang diangkat menjadi ide skripsi. Dalam penulisan tugas akhir atau skripsi ini, didapatkan ide skripsi mengenai kajian teknis pengaruh rancang sudut grating pada intake water jet terhadap efisiensi thrust pada tank amfibi.

Dari ide tersebut dirumuskan permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana rancangan sudut *grating* pada intake *water jet* yang sesuai agar mendapatkan jumlah air yang masuk pada intake *water jet* yang sebanyak mungkin sehingga mendapatkan efisiensi thrust pada tank amfibi yang maksimal

Namun perlu diperhatikan bahwa pemasangan grating ini dapat mengurangi pasokan air yang masuk sehingga gaya dorong *water jet* dapat berkurang. *Grating* yang terlalu sempit dapat mengurangi jumlah air yang masuk, sebaliknya grating yang terlalu lebar dapat menyebabkan kotoran atau sampah masuk dan terjadi penyumbatan. Sehingga diperlukan perencanaan *intake grating* yang baik agar jumlah air yang masuk dapat maksimal dan dapat menghasilkan gaya dorong yang maksimal pula.

### **3.3 Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi untuk dijadikan acuan dalam proses pengerjaan skripsi. Referensi yang dijadikan acuan tersebut haruslah yang berkaitan dengan tema skripsi yang dikerjakan. Literatur yang dapat digunakan dapat berasal dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, penelitian, ataupun dari *website*. Sumber yang digunakan sebagai acuan tersebut haruslah berasal dari sumber yang terpercaya dan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

### **3.4 Pengumpulan Data**

Tahap selanjutnya yaitu pengumpulan data. Pada tahap ini dilakukan pencarian data yang nantinya data tersebut akan dijadikan acuan dan diolah serta dianalisa sesuai dengan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini. Dalam hal ini data yang dibutuhkan adalah mengenai tank amfibi yang akan digunakan sebagai obyek penelitian.

Tank amfibi adalah kendaraan tempur lapis baja yang dapat melaju baik di darat maupun di laut. Selain itu, tank amfibi dilengkapi dengan teknologi dan persenjataan yang lengkap karena memang digunakan untuk tempur. Dalam tugas

akhir ini, data yang dipakai adalah tank amfibi APC Type 20 Personel dengan ukuran sebagai berikut:

*Length* : 8,5 m

*Breadth* : 3,2 m

*Depth* : 2,1 m

Sesuai dengan namanya, tank amfibi tersebut didesain agar dapat memuat sebanyak 20 personel. Ditenagai dengan mesin sebesar 550 HP, tank amfibi ini dapat melaju di darat dengan kecepatan hingga 60 km/jam. Sedangkan pada saat di laut, sistem propulsi *water jet*nya dapat mendorong tank amfibi hingga kecepatan 7 knot atau sekitar 3,6 m/s.

### 3.5 Penentuan Ukuran *Intake Grating*

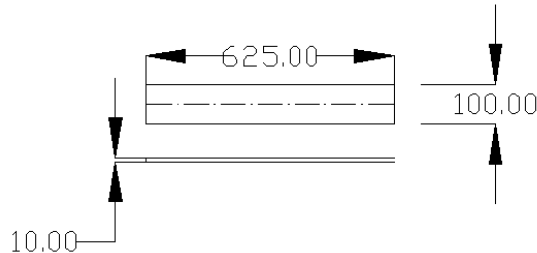
Tahap selanjutnya yaitu menentukan variasi sudut dan ukuran *intake grating* yang sesuai agar air yang masuk dapat dimaksimalkan sehingga meningkatkan efisiensi *thrust water jet*. Jenis *grid* yang digunakan adalah *flat bar*. Pada tahap ini perlu diperhatikan tebal dan jumlah *grid* karena apabila *meshing grid*nya terlalu rapat maka akan mengurangi jumlah air yang masuk. Sedangkan apabila *meshing grid*nya terlalu lebar maka kotoran atau sampah akan mudah masuk sehingga mengganggu proses kerja sistem propulsi.

Dalam hal ini direncanakan ukuran dari *flat bar* adalah sebagai berikut:

Panjang: 625 mm

Lebar : 100 mm

Tebal : 10 mm

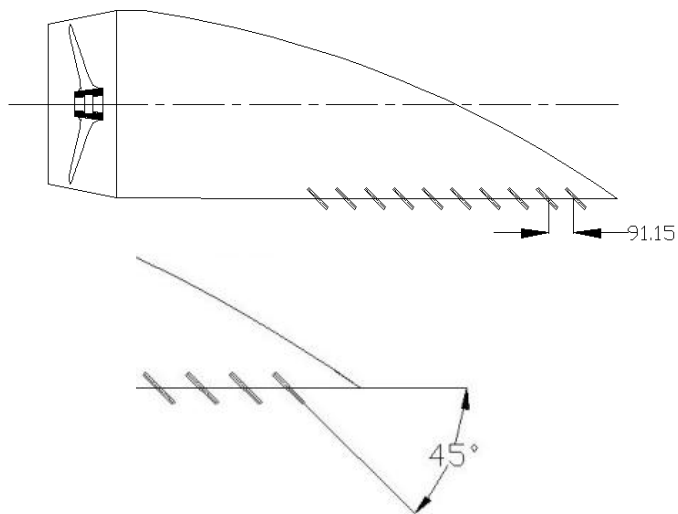


Gambar 3.1 Perencanaan ukuran *flat bar*

Sedangkan untuk jarak pemasangan tiap barnya direncanakan tidak lebih dari 100 mm. Hal tersebut dikarenakan apabila jaraknya terlalu jauh maka kotoran akan mudah masuk, sehingga jaraknya dibatasi 100 mm. Dalam perencanaan, apabila jumlah bar dipasang sebanyak 9 buah maka jarak tiap barnya lebih dari 100 mm. Sehingga dipasang 10 buah *flat bar* yang menghasilkan jarak tiap bar sebesar 91,15 mm.

Selain itu juga akan dilakukan penentuan variasi sudut *flat bar*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sudut berapa yang paling optimal untuk menghasilkan gaya dorong yang maksimal. Dalam pengerjaan tugas akhir ini ditentukan pemilihan variasi sudut awal untuk pemasangan *flat bar* yaitu sebesar 15°, 30°, 45° dan 60°.

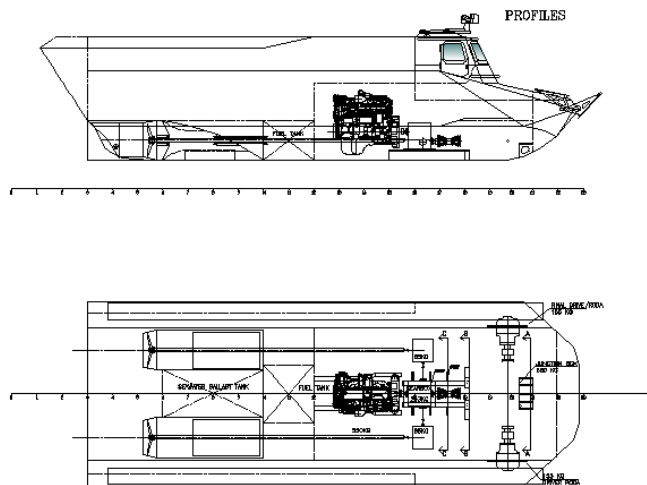




Gambar 3.2 Perencanaan pemasangan *grating* pada sudut  $45^\circ$

### 3.6 Penggambaran Model

Tahapan selanjutnya setelah data tank amfibi yang diperlukan telah diperoleh kemudian dilakukan penggambaran model. Data yang didapat dari tank amfibi yang diteliti masih berupa gambar dua dimensi. Oleh karena itu harus dilakukan penggambaran model dalam tiga dimensi. Setelah dilakukan penggambaran model dalam tiga dimensi nantinya dapat dilakukan simulasi menggunakan *software* komputer berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dimana *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi ini adalah *Numeca Fine Open*. Berikut merupakan model dua dimensi yang akan digambar dalam tiga dimensi.

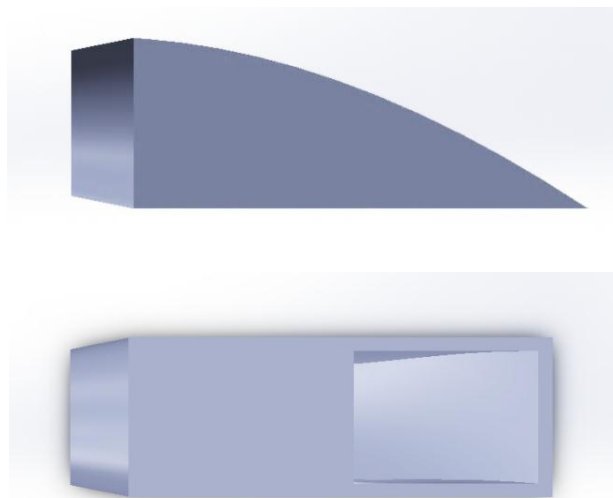


Gambar 3.3 Tank Amfibi APC Type 20 Personel

Dalam pengerjaan tugas akhir ini model tidak digambar seluruhnya, melainkan hanya yang diperlukan dalam proses simulasi. Model yang perlu digambar tersebut yaitu *ducting* dan *impeller* pada *water jet propulsion*, serta *intake grating* yang nantinya akan divariasikan. Selain itu diperlukan pula menggambar *domain* untuk simulasi.

### 3.6.1 Ducting Water jet

*Ducting* merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dalam hal ini adalah air. *Ducting* pada *water jet* berupa selongsong yang didesain sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang melalui *impeller* dan disebarkan melalui *nozzle*. Berikut desain *ducting* yang telah digambar dalam tiga dimensi.



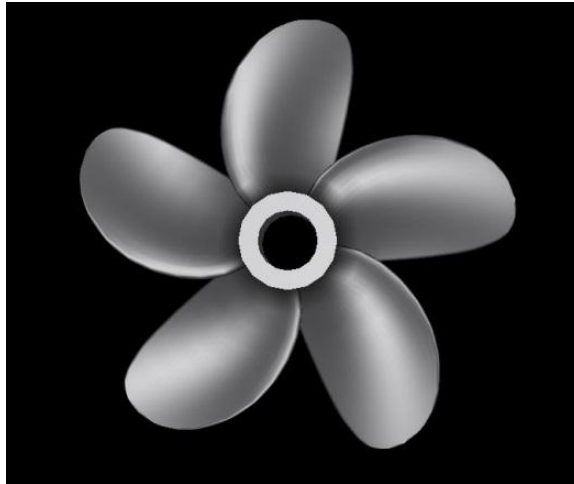
Gambar 3.4 Ducting Waterjet

### 3.6.2 Propeller

*Propeller* yang digunakan untuk sistem propulsi tank amfibi ini adalah Propeller B5-90 dengan spesifikasi data sebagai berikut:

Diameter :	585 mm
RPM :	1176 rpm
Material :	Mn Bronze
P/D :	0,65

*Propeller* tersebut digambar menggunakan *software* komputer. Untuk mempermudah serta mendapatkan hasil yang lebih bagus, penggambaran *propeller* tersebut dilakukan menggunakan beberapa *software*. Berikut adalah hasil penggambaran *propeller* yang telah dilakukan.



Gambar 3.5 Geometri *Propeller*

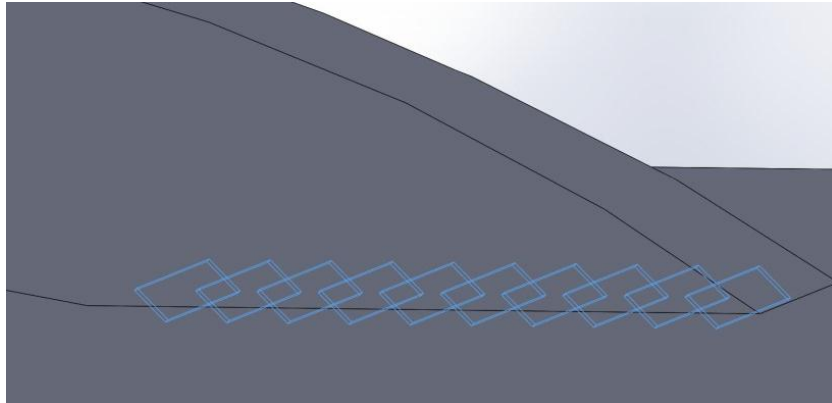
### 3.6.3 *Grating*

Setelah itu kemudian menentukan variasi sudut dan ukuran *intake grating* yang sesuai agar air yang masuk dapat dimaksimalkan sehingga meningkatkan efisiensi *thrust water jet*. Jenis *grid* yang digunakan adalah *flat bar*. Pada tahap ini perlu diperhatikan jumlah *grid* karena apabila *meshing grid*nya terlalu rapat maka akan mengurangi jumlah air yang masuk. Sedangkan apabila *meshing grid*nya terlalu lebar maka kotoran atau sampah akan mudah masuk sehingga mengganggu proses kerja sistem propulsi. Dalam hal ini direncanakan ukuran dari *flat bar* adalah sebagai berikut:

Panjang :	625 mm
Lebar :	100 mm
Tebal :	10 mm

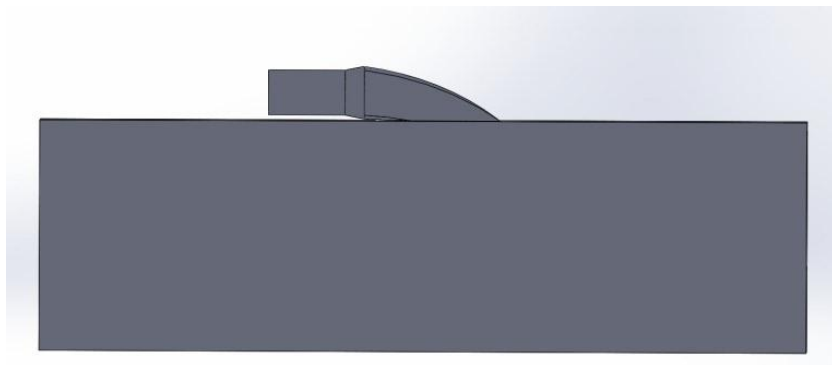
Sedangkan untuk jarak pemasangan tiap *bar*nya direncanakan tidak lebih dari 100 mm. Hal tersebut dikarenakan apabila jaraknya terlalu jauh maka kotoran akan mudah masuk, sehingga jaraknya dibatasi 100 mm. Dalam perencanaan, apabila jumlah bar dipasang sebanyak 9 buah maka jarak tiap *bar*nya lebih dari 100 mm. Sehingga dipasang 10 buah *flat bar* yang menghasilkan jarak tiap bar sebesar 91,15 mm.

Selain itu juga akan dilakukan penentuan variasi sudut *flat bar*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sudut berapa yang paling optimal untuk menghasilkan gaya dorong yang maksimal. Dalam pengerjaan tugas akhir ini ditentukan pemilihan variasi sudut awal untuk pemasangan *flat bar* yaitu sebesar 15°, 30°, 45° dan 60°.

Gambar 3.6 Proses penggambaran *grating*

### 3.6.4 Domain

Untuk mempermudah dalam pengerjaan ataupun revisi gambar, *domain* digambar dulu dengan menggunakan *software Solidwork*, kemudian diinput ke *Numeca*. Berikut proses penggambaran domain pada *Solidwork*.

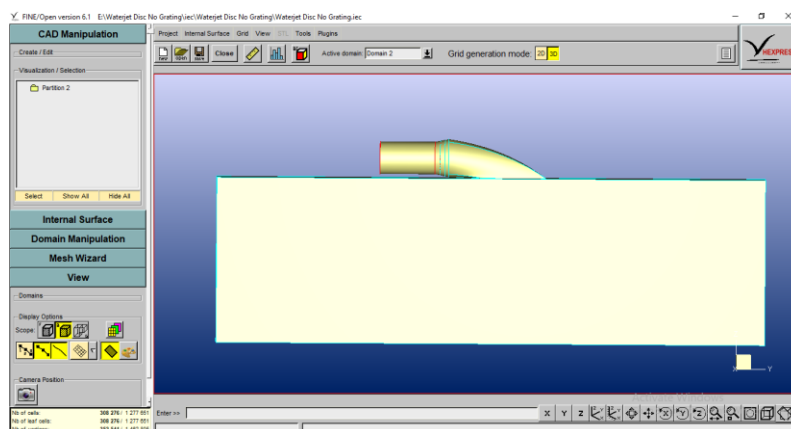
Gambar 3.7 Penggambaran *domain*

## 3.7 Proses Simulasi

Setelah proses penggambaran model selesai maka tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan *software* berbasis CFD. Dalam hal ini *software* yang digunakan adalah *Numeca*. Pada langkah ini ada tiga tahap yang harus dilakukan. Pertama *preprocessor* dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau sering disebut juga dengan *meshing*. Tahap selanjutnya adalah *processor* atau *solver* dimana dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Tahap terakhir yaitu *postprocessor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

### 3.7.1 Import gambar ke Numeca

Langkah selanjutnya setelah model geometri selesai digambar maka gambar tersebut kemudian diimport ke *Numeca* untuk dilakukan *running*. Berikut tampilan *HEXPRESS* pada *Numeca*.

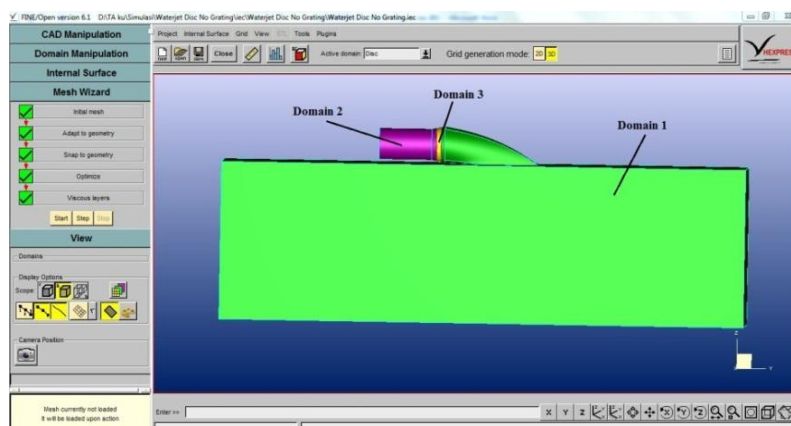


Gambar 3.8 Model setelah diimport ke *Numeca*

### 3.7.2 Penentuan domain

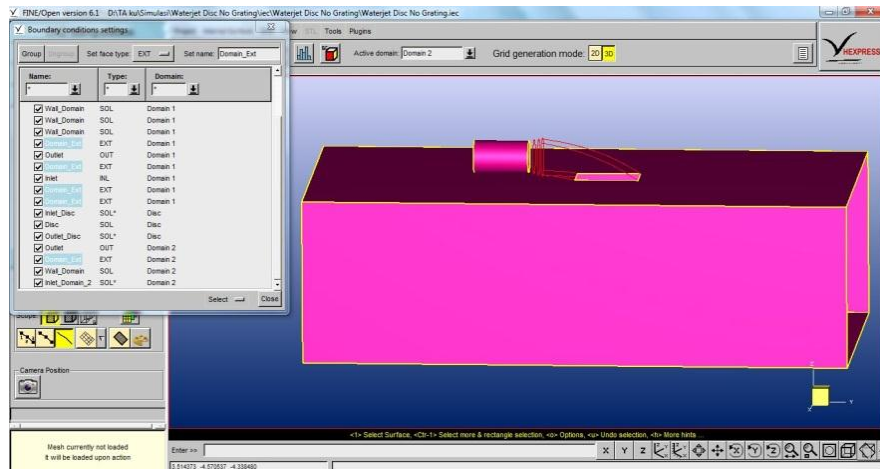
Sebelum proses *running* dilakukan, maka harus melalui tahap *preprocessor* terlebih dahulu. *Preprocessor* adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian *domain* serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. *Domain* adalah kondisi-kondisi awal dari sistem.

Dalam penentuan *domain* pada pengerjaan tugas akhir ini, *domain* dibagi menjadi tiga. *Domain 1* adalah bagian *inlet* fluida mulai dari air laut, masuk *intake grating waterjet*, kemudian menuju *actuator disc* dengan aliran laminar. *Domain 2* merupakan bagian *outlet* fluida mulai dari setelah *actuator disc* hingga fluida keluar *nozzle*. Sedangkan *domain 3* merupakan *actuator disc* dimana *domain* ini dibuat sebagai *rotating domain*. Berikut merupakan penentuan domain pada *HEXPRESS*.



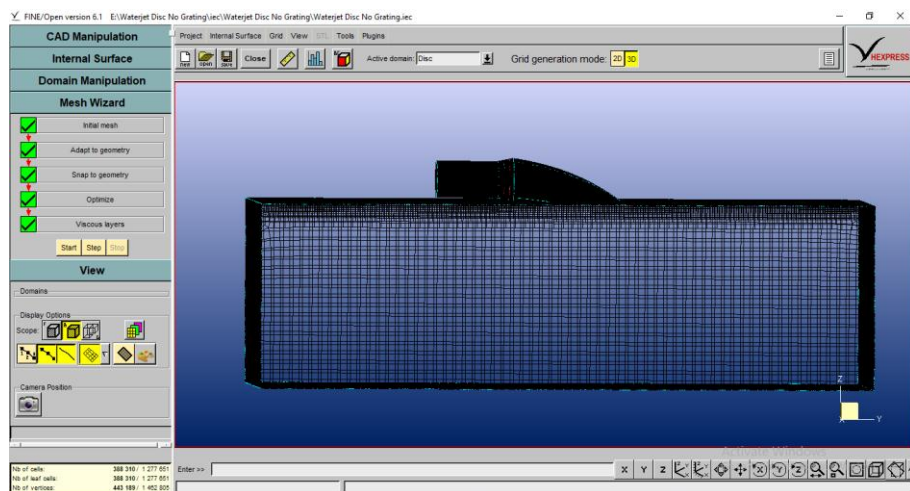
Gambar 3.9 Penentuan domain



Gambar 3.12 Penentuan bagian *external*

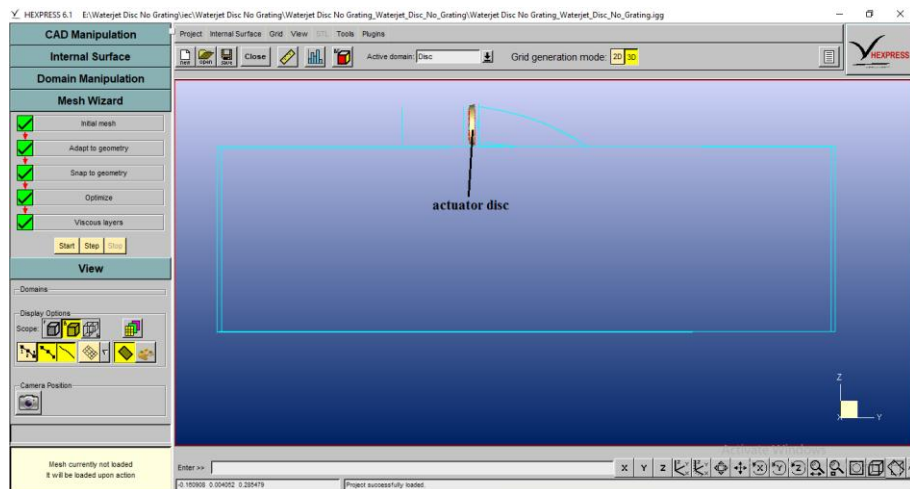
### 3.7.4 Meshing

Di tahap *preprocessor* ini juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau sering disebut juga dengan *meshing*. Berikut merupakan hasil *meshing* yang telah dilakukan pada model geometri setelah menentukan *domain* dan *boundary condition* serta parameter-parameter lain.

Gambar 3.13 Hasil *meshing* pada *Numecca*

Namun setelah dilakukan meshing pada seluruh obyek geometri di tahap ini ditemui masalah, yaitu *number of cell* dari meshing propeller terlalu besar (hingga 15 juta *cells*). Sehingga proses komputasi akan sulit diselesaikan dengan spesifikasi komputer yang tersedia. Sehingga untuk melanjutkan pengerjaan tugas akhir ini, pada proses simulasi *propeller* digantikan dengan *actuator disc theory*.

*Actuator disc theory* atau *Froudes' momentum theory* ini pada dasarnya adalah mengganti rotor atau propeller yang sebenarnya dengan cakram yang dapat ditembus dimana *force* pada *blade* didistribusikan pada cakram tersebut. Teori ini pertama kali dikemukakan oleh Rankine (1865), Greenhill (1888) dan Froude (1889). Pada konsep ideal *propeller*, itu dianggap sebagai sebuah cakram atau mekanisme yang mampu memberikan peningkatan tekanan secara mendadak pada fluida yang melaluinya. Berikut merupakan penggambaran disc pada model.



Gambar 3.14 Penggambaran *disc* pada model

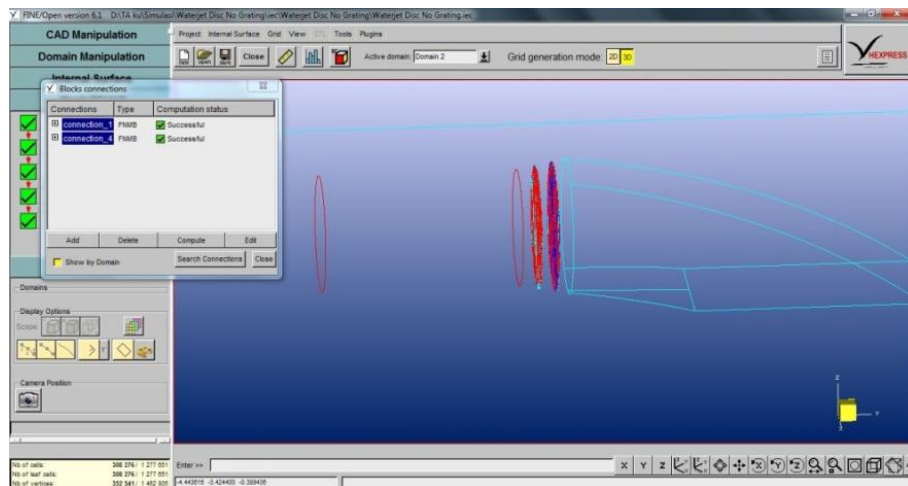
Setelah dilakukan meshing, berikut number of cells dari meshing masing-masing variasi:

- *Number of cells* tanpa *grating* : 1277651 *cells*
- *Number of cells* sudut  $15^\circ$  : 1606604 *cells*
- *Number of cells* sudut  $30^\circ$  : 1609566 *cells*
- *Number of cells* sudut  $45^\circ$  : 2174824 *cells*
- *Number of cells* sudut  $60^\circ$  : 1632738 *cells*

### 3.7.5 Block connection

Karena model terdiri dari 3 *domain* (lebih dari 1 *domain*), maka sebelum dilakukan *running* ketiga *domain* yang telah dilakukan *meshing* tersebut harus disambungkan terlebih dahulu. Caranya adalah dengan mengakses menu *Grid>Non Matching Connections* pada menu *HEXPRESS*. Kemudian pada tampilan *Block Connection* pilih *Search Connections* atau *Add* secara manual, lalu *Compute* hingga semua koneksi *successfull*.



Gambar 3.15 *Block connections*

### 3.8 Perhitungan dan Analisa

Setelah proses *running* selesai akan didapatkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan. Pada tahap ini hasil data tersebut dihitung dan dianalisa. Dari perhitungan nantinya diharapkan akan menghasilkan *thrust*, *torque*, dan efisiensi dari *water jet*. Dari hasil tersebut nantinya akan dianalisa dengan cara dibandingkan hasil dari variasi sudut *intake grating* mana yang terbaik untuk dijadikan acuan.

### 3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari hasil perhitungan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan tugas akhir ini yaitu kajian teknis pengaruh rancang sudut *grating* pada *intake water jet* terhadap efisiensi *thrust* pada tank amfibi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

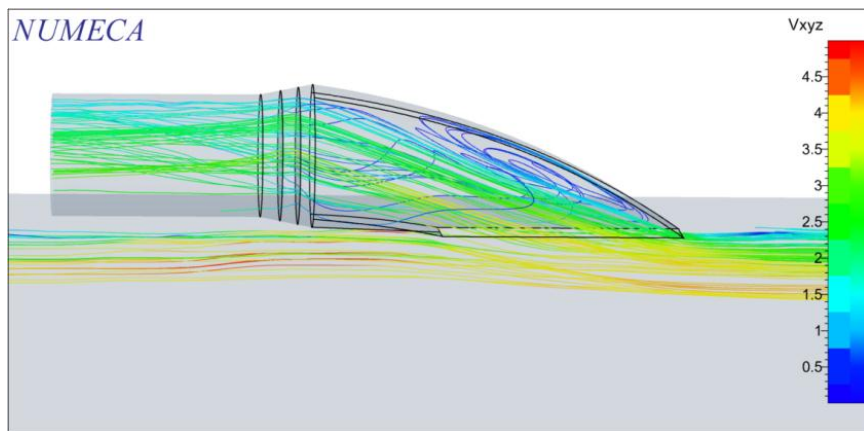
### 4.1 Umum

Bab analisa dan pembahasan merupakan bab dimana data – data yang diperoleh dari hasil simulasi kemudian dilakukan perhitungan dan analisa berikut dengan pembahasannya. Sesuai dengan rumusan masalah yang dijelaskan sebelumnya, dalam analisa dan pembahasan ini akan menganalisa dan membahas tentang pengaruh sudut *intake grating* terhadap efisiensi *thrust* pada *water jet* tank amfibi.

### 4.2 Hasil Simulasi

Tahap akhir dalam proses simulasi CFD merupakan tahap *postprocessor* dimana pada tahap ini hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam bentuk gambar, grafik atau animasi dengan pola-pola warna tertentu. Dalam proses simulasi dilakukan variasi yaitu merubah sudut *intake grating* untuk mengetahui seberapa pengaruh yang diberikan terhadap aliran air yang melalui *intake waterjet*. Variasi tersebut terdiri dari sudut 15°, 30°, 45° dan 60° serta tanpa menggunakan *grating*. Untuk proses perhitungan, data dari hasil yang diperlukan adalah kecepatannya. Berikut merupakan hasil kecepatan yang didapat dari simulasi yang telah dilakukan setelah sebelumnya menentukan parameter-parameter berdasarkan data yang telah didapat.

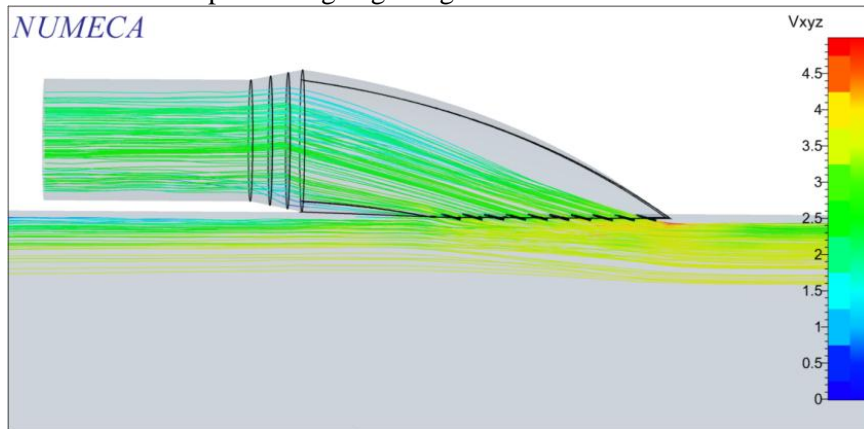
- Hasil simulasi kecepatan tanpa grating



Gambar 4.1 Hasil simulasi tanpa grating

Dari gambar di atas ditampilkan kecepatan fluida yang mengalir pada *water jet*. Setelah memasuki intake, pada beberapa titik fluida mengalami aliran yang tidak beraturan. Setelah melewati nozzle kecepatan fluida bertambah.

- Hasil simulasi kecepatan dengan grating 15°

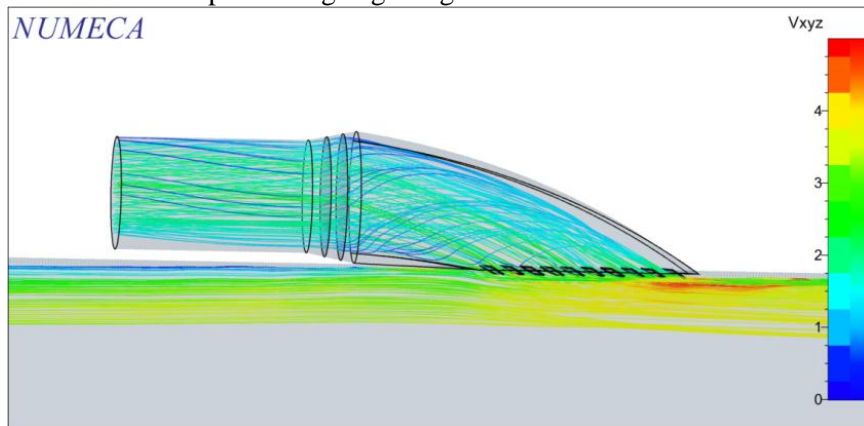


Gambar 4.2 Hasil simulasi dengan sudut grating 15°

Dari gambar di atas terlihat kecepatan fluida mengalami penurunan setelah melewati *intake*. Hal tersebut dikarenakan terjadinya gesekan antara fluida dengan dinding *water jet* dan *intake gratingnya*. Namun kecepatannya bertambah setelah melewati *nozzle*.

Selain itu dari gambar di atas terlihat bahwa aliran fluida yang melewati *intake* terlihat lebih *smooth* dari yang sebelumnya. Tidak ditemukan *vortex* yang berarti disini. Hal tersebut penandakan pemasangan variasi *intake grating* dengan sudut kemiringan 15° dapat memperbaiki aliran fluida.

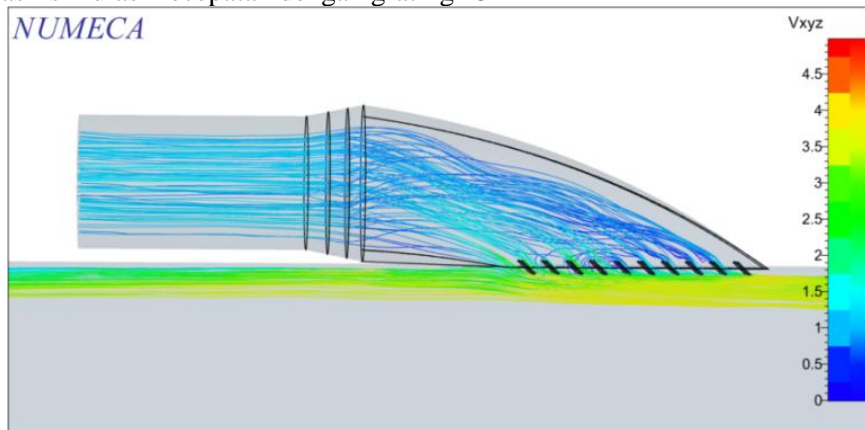
- Hasil simulasi kecepatan dengan grating 30°



Gambar 4.3 Hasil simulasi dengan sudut grating 30°

Dari gambar di atas terlihat bahwa aliran kecepatan fluida mengalami penurunan lebih banyak dari kecepatan pada sudut 15°. Terlihat aliran fluida yang tidak beraturan di beberapa titik disini.

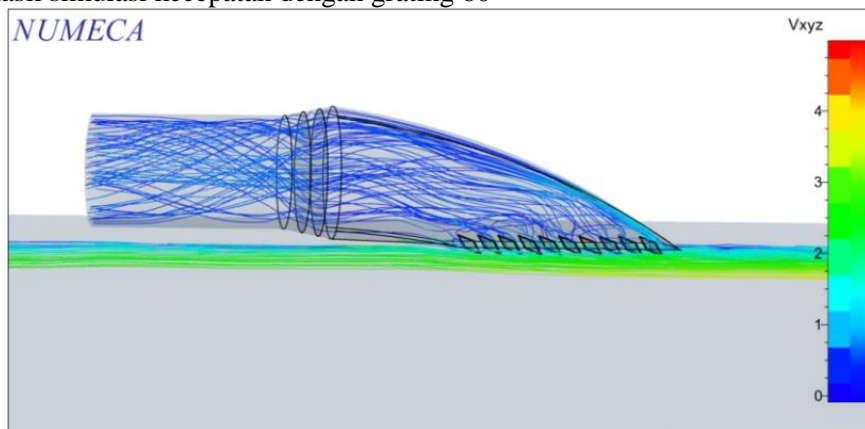
- Hasil simulasi kecepatan dengan grating 45°



Gambar 4.4 Hasil simulasi dengan sudut grating 45°

Dari gambar di atas terlihat lebih banyak aliran yang tidak beraturan dan kecepatannya lebih menurun daripada kecepatan pada sudut 30°.

- Hasil simulasi kecepatan dengan grating 60°



Gambar 4.5 Hasil simulasi dengan sudut grating 60°

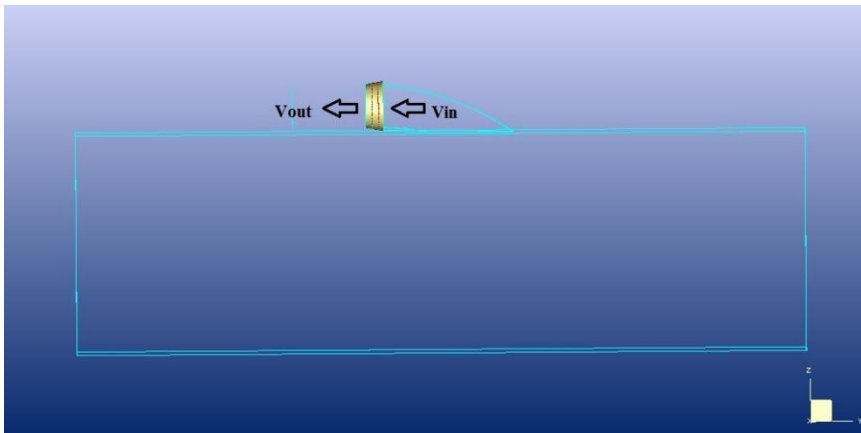
Pada gambar di atas terlihat bahwa pada variasi sudut 60 terdapat paling banyak aliran yang tidak beraturan dan penurunan kecepatan yang paling signifikan

#### 4.3 Pengambilan Data Hasil Simulasi

Setelah proses *running* pada tahap sebelumnya selesai dilakukan maka akan didapatkan data-data yang diperlukan untuk perhitungan. Data-data tersebut nantinya akan diolah untuk dilakukan analisa. Sehingga nantinya diharapkan akan dapat menjawab tujuan dari penulisan tugas akhir ini.

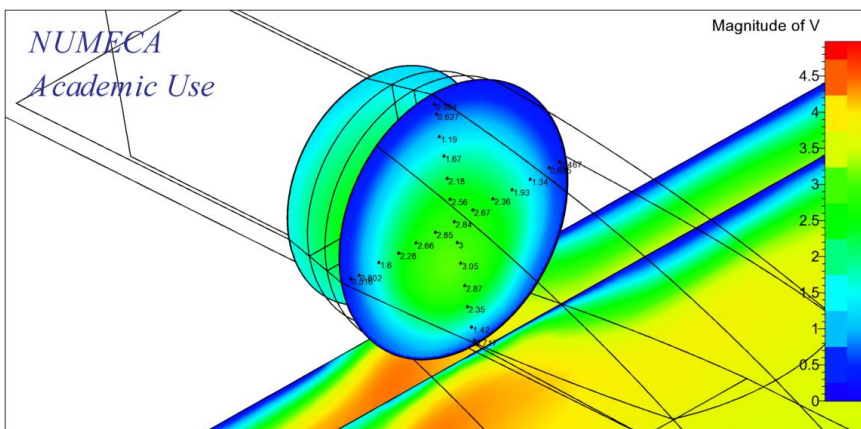
Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan debit air, thrust dan efisiensi dari water jet. Untuk melakukan perhitungan tersebut data yang diperlukan adalah

kecepatan inlet nozzle ( $V_{in}$ ) dan kecepatan outlet nozzle ( $V_{out}$ ). Data tersebut diambil dari hasil simulasi yang telah didapatkan di atas.



Gambar 4.6 Kecepatan *inlet* dan *outlet* pada *nozzle*

Metode yang digunakan untuk menentukan kecepatan *inlet* yaitu dengan mencari kecepatan rata-ratanya. Caranya yaitu dengan mengumpulkan nilai dari beberapa sampel kemudian nilai tersebut dirata-ratakan. Untuk mencari kecepatan *inlet nozzle*, dibuat dulu *cutting plane* pada bagian *inlet nozzle*. Kemudian untuk menampilkan data dengan memilih *Quantities > Magnitude of V*. Lalu memilih *Representations > Plot & Values > Local Value*, kemudian menentukan titik-titik sampel pada bagian *inlet nozzle* yang sekiranya dapat mewakili kecepatan rata-ratanya. Titik-titik tersebut harus sama untuk setiap variasi simulasi. Kemudian nilai yang didapat dari titik-titik sampel tersebut dirata-ratakan.



Gambar 4.7 *Sampling* kecepatan *inlet nozzle*

Dengan menggunakan cara tersebut di atas, dicari kecepatan *inlet* dan *outlet* rata-rata pada *nozzle* untuk setiap variasi simulasi. Dari hasil *sampling* tersebut didapat data kecepatan *inlet* dan *outlet* rata-rata pada *nozzle* sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi

No	Variation	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	D (m)	Vin (m/s)	Vout (m/s)
1	No Grid	1.025	0,587	1,998	2,206
2	15°	1.025	0,587	1,963	2,302
3	30°	1.025	0,587	1,751	2,015
4	45°	1.025	0,587	0,871	1,093
5	60°	1.025	0,587	0,529	0,678

Keterangan:

$\rho$  = massa jenis air laut (kg/m<sup>3</sup>)

D = diameter nozzle (m)

Vin = kecepatan inlet (m/s)

Vout = kecepatan outlet (m/s)

#### 4.4 Perhitungan Hasil Simulasi

Setelah data-data yang diperlukan untuk perhitungan telah didapatkan, selanjutnya pada tahap ini hasil data tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisa agar dapat menjawab tujuan dari penulisan tugas akhir ini. Dari hasil tersebut nantinya akan dianalisa dengan cara dibandingkan hasil dari variasi sudut *intake grating* mana yang terbaik untuk dijadikan acuan desain *intake grating*.

Untuk menjawab tujuan dari tugas akhir ini maka diperlukan perhitungan untuk menentukan debit air yang melalui *waterjet*, *thrust* yang dihasilkan, serta efisiensi yang didapat dari masing-masing variasi sudut *intake grating waterjet*. Data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan tersebut diambil dari hasil simulasi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

##### 4.4.1 Perhitungan debit air

Perhitungan jumlah debit air yang melalui *waterjet* diperlukan untuk menjawab tujuan dari tugas akhir ini, yaitu untuk mengetahui rancangan sudut *intake grating* yang sesuai untuk memaksimalkan jumlah air yang masuk pada *intake water jet*. Perhitungan dilakukan pada masing-masing variasi sudut *intake grating* yang telah ditentukan sebelumnya.

Debit merupakan besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama 1 detik yang melewati suatu penampang luas. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, debit air yang dihitung adalah banyaknya jumlah air yang masuk pada *intake water jet*. Untuk menentukan debit air maka digunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dimana:

Q = Debit aliran fluida (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume fluida yang mengalir (m<sup>3</sup>)

T = waktu (s)

Jika kita misalkan aliran fluida melalui pipa yang panjangnya L dengan kecepatan  $v$ . Luas penampang pipa adalah A. Selama t detik volume fluida yang mengalir adalah  $V = AL$ , sedang jarak L ditempuh selama  $t = L/v$  detik maka debit air adalah:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{AL}{L/v}$$

Sehingga:

$$Q = Av$$

Dimana:

Q = Debit aliran fluida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V = Volume fluida yang mengalir ( $\text{m}^3$ )

T = waktu (s)

A = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

L = jarak tempuh (m)

$v$  = kecepatan aliran fluida (m/s)

Dan berikut merupakan perhitungan debit air untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*.

- a. Perhitungan debit air pada variasi sudut  $15^\circ$

Dimana:

$$v = 2,3 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan debit air adalah:

$$Q = Av$$

$$Q = 0,27 \cdot 2,3$$

$$Q = 0,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

- b. Perhitungan debit air pada variasi sudut  $30^\circ$

Dimana:

$$v = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$



$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan debit air adalah:

$$Q = Av$$

$$Q = 0,27 \cdot 2,015$$

$$Q = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

- c. Perhitungan debit air pada variasi sudut  $45^\circ$

Dimana:

$$v = 1,09 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan debit air adalah:

$$Q = Av$$

$$Q = 1,082 \cdot 1,09$$

$$Q = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

- d. Perhitungan debit air pada variasi sudut  $60^\circ$

Dimana:

$$v = 0,68 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan debit air adalah:

$$Q = Av$$

$$Q = 0,27 \cdot 0,68$$

$$Q = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

- e. Perhitungan debit air tanpa grating

Dimana:

$$v = 2,2 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan debit air adalah:

$$Q = Av$$

$$Q = 0,27 \cdot 2,2$$

$$Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.4.2 Perhitungan *Thrust*

Perhitungan *thrust* (gaya dorong) diperlukan untuk menjawab tujuan dari tugas akhir ini, yaitu untuk mengetahui rancangan sudut *grating* yang sesuai pada *intake water jet* agar mendapat efisiensi *thrust* yang maksimal pada tank amfibi. Perhitungan dilakukan pada masing-masing variasi sudut *intake grating* yang telah ditentukan sebelumnya.

Gaya dorong pada sistem propulsi *water jet* berasal dari reaksi yang diberikan oleh perubahan momentum aliran air yang melalui *nozzle*. Berdasarkan buku *Principles of Naval Architecture* untuk menghitung *thrust* (gaya dorong) waterjet untuk fluida ideal adalah:

$$\text{Laju aliran massa} = \rho V_j A$$

$$\text{Perubahan kecepatan} = (V_j - V)$$

Sehingga untuk *thrust* diberikan

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

Dimana:

$$\rho = \text{massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)}$$

$$A = \text{luas penampang nozzle (m}^2\text{)}$$

$$V_j = \text{kecepatan outlet (m/s)}$$

$$V = \text{kecepatan inlet (m/s)}$$

Dan berikut merupakan perhitungan *thrust* untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*.

- a. Perhitungan *thrust* pada variasi sudut  $15^\circ$

Dimana:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V_j = 2,3 \text{ m/s}$$

$$V = 1,96 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan *thrust* adalah:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T = 1025 \cdot 2,3 \cdot 0,27 (2,3 - 1,96)$$

$$T = 216,4 \text{ N}$$

- b. Perhitungan *thrust* pada variasi sudut  $30^\circ$

Dimana:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V_j = 2,02 \text{ m/s}$$

$$V = 1,75 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan *thrust* adalah:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T = 1025 \cdot 2,02 \cdot 0,27 (2,02 - 1,75)$$

$$T = 147,57 \text{ N}$$

- c. Perhitungan *thrust* pada variasi sudut  $45^\circ$

Dimana:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V_j = 1,09 \text{ m/s}$$

$$V = 0,87 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan *thrust* adalah:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T = 1025 \cdot 1,09 \cdot 0,27 (1,09 - 0,87)$$

$$T = 67,33 \text{ N}$$

- d. Perhitungan *thrust* pada variasi sudut  $60^\circ$

Dimana:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V_j = 0,68 \text{ m/s}$$

$$V = 0,53 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan *thrust* adalah:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T = 1025 \cdot 0,68 \cdot 0,27 (0,68 - 0,53)$$

$$T = 28,03 \text{ N}$$

- e. Perhitungan *thrust* tanpa menggunakan *grating*

Dimana:

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V_j = 2,2 \text{ m/s}$$

$$V = 1,998 \text{ m/s}$$

$$D = 587 \text{ mm} = 0,587 \text{ m}$$

$$R = 0,294 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,294)^2$$

$$A = 0,27 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk perhitungan *thrust* adalah:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T = 1025 \cdot 2,2 \cdot 0,27 (2,2 - 1,998)$$

$$T = 127,3 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka didapat nilai *thrust* untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*.

#### 4.4.3 Perhitungan Efisiensi

Setelah nilai gaya dorong didapat melalui perhitungan di atas maka kita dapat menentukan efisiensi dari masing-masing variasi yang telah ditentukan di awal. Merujuk pada buku *Principles of Naval Architecture* maka untuk menghitung nilai efisiensi pada *waterjet propulsion* adalah sebagai berikut:

Diketahui sebelumnya bahwa nilai *thrust*:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

Kerja yang berguna pada kapal:

$$TV = \rho V_j A (V_j - V)V$$

Energi kinetik yang hilang pada discharge

$$= \frac{1}{2} \rho V_j A (V_j - V)^2$$

Efisiensinya adalah:

$$\eta = \frac{\text{useful work}}{\text{useful work} + \text{lost jet energy}}$$

$$\eta = \frac{\rho V_j A (V_j - V)V}{\rho V_j A (V_j - V)V + \frac{1}{2} \rho V_j A (V_j - V)^2}$$

atau

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

Dimana:

$\eta$  = Efisiensi

$V$  = Kecepatan inlet (m/s)

$V_j$  = Kecepatan outlet (m/s)

Dan berikut merupakan perhitungan efisiensi untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*.

- a. Perhitungan efisiensi pada variasi sudut  $15^\circ$

Dimana:

$V_j = 2,3$  m/s

$V = 1,96$  m/s

Sehingga untuk perhitungan efisiensi adalah:

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 1,96}{2,3 + 1,96}$$

$$\eta = 0,92$$

- b. Perhitungan efisiensi pada variasi sudut  $30^\circ$

Dimana:

$V_j = 2,02$  m/s

$V = 1,75$  m/s

Sehingga untuk perhitungan efisiensi adalah:

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 1,75}{2,02 + 1,75}$$

$$\eta = 0,93$$

- c. Perhitungan efisiensi pada variasi sudut  $45^\circ$

Dimana:

$V_j = 1,09$  m/s

$V = 0,87$  m/s

Sehingga untuk perhitungan efisiensi adalah:

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 0,87}{1,09 + 0,87}$$

$$\eta = 0,887$$

- d. Perhitungan efisiensi pada variasi sudut  $60^\circ$

Dimana:

$$V_j = 0,68 \text{ m/s}$$

$$V = 0,53 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk perhitungan efisiensi adalah:

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 0,53}{0,68 + 0,53}$$

$$\eta = 0,876$$

- e. Perhitungan efisiensi tanpa *grating*

Dimana:

$$V_j = 2,2 \text{ m/s}$$

$$V = 1,998 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk perhitungan efisiensi adalah:

$$\eta = \frac{2V}{V_j + V}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 1,998}{2,2 + 1,998}$$

$$\eta = 0,95$$

Dari hasil perhitungan di atas maka didapat nilai efisiensi untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*.

## 4.5 Pembahasan

Untuk selanjutnya, dari hasil perhitungan yang telah diperoleh di atas akan dilakukan analisa dan pembahasan untuk menjawab tujuan dari penulisan tugas akhir ini.

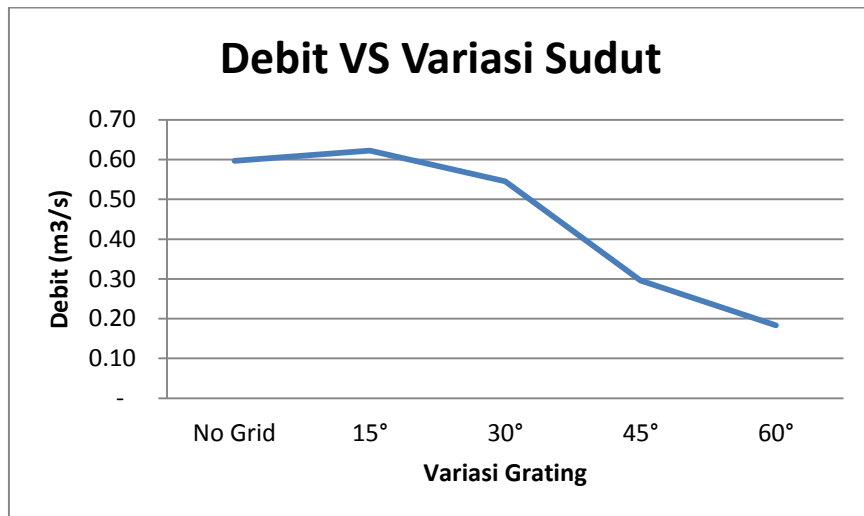
### 4.5.1 Debit Air

Dari perhitungan sebelumnya, diperoleh debit air untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Debit Air

No	Variation	Vin (m/s)	Vout (m/s)	D (m)	A (m <sup>2</sup> )	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)
1	No Grid	1,998	2,206	0,587	0,27	0,60
2	15°	1,963	2,302	0,587	0,27	0,62
3	30°	1,751	2,015	0,587	0,27	0,55
4	45°	0,871	1,093	0,587	0,27	0,30
5	60°	0,529	0,678	0,587	0,27	0,18

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik debit air pada masing-masing variasi sudut *intake grating*

Dari grafik dan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada sudut 15° memiliki debit air yang paling tinggi yaitu sebesar 0,62 m<sup>3</sup>/s. Sedikit lebih besar dari nilai debit air tanpa menggunakan grating. Dan nilai tersebut semakin menurun seiring variasi sudut yang bertambah besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah air yang paling banyak melewati *water jet* adalah dengan variasi sudut *intake grating* sebesar 15°.

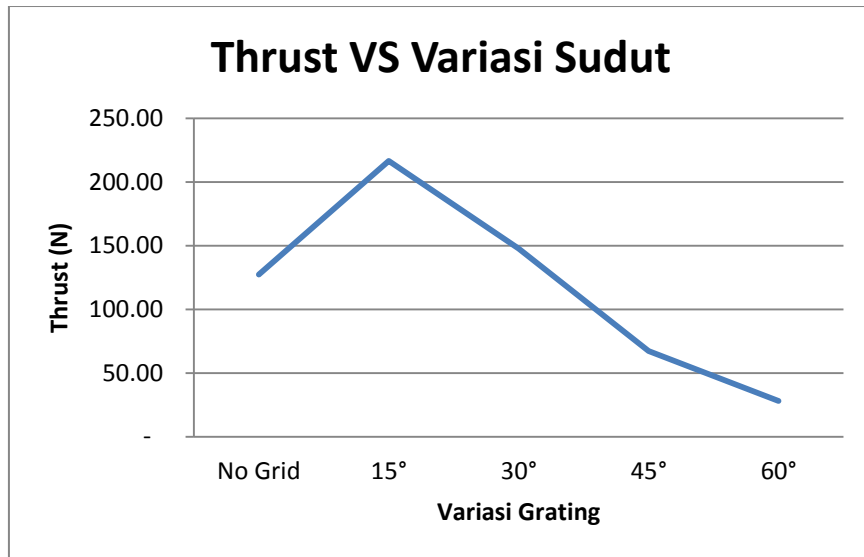
#### 4.5.2 Thrust

Dari perhitungan sebelumnya, telah diperoleh nilai *thrust* (gaya dorong) untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*. Nilai *thrust* masing-masing variasi sudut tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai *thrust* tanpa *grating* untuk dicari mana yang menghasilkan penurunan *thrust* yang paling kecil. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan *Thrust*

No	Variation	Vin (m/s)	Vout (m/s)	D (m)	A (m2)	T (N)
1	No Grid	1,998	2,206	0,587	0,27	127,30
2	15°	1,963	2,302	0,587	0,27	216,40
3	30°	1,751	2,015	0,587	0,27	147,57
4	45°	0,871	1,093	0,587	0,27	67,33
5	60°	0,529	0,678	0,587	0,27	28,03

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik nilai *thrust* pada masing-masing variasi sudut *intake grating*

Dari grafik dan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada sudut 15° memiliki thrust yang paling besar diantara variasi sudut lainnya, yaitu sebesar 216,4 N. bahkan lebih besar dari nilai thrust tanpa menggunakan grating yang hanya 127,3 N. Dan nilai tersebut semakin menurun seiring variasi sudut yang bertambah besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa thrust yang paling besar adalah dengan variasi sudut *intake grating* sebesar 15°.

#### 4.5.3 Efisiensi

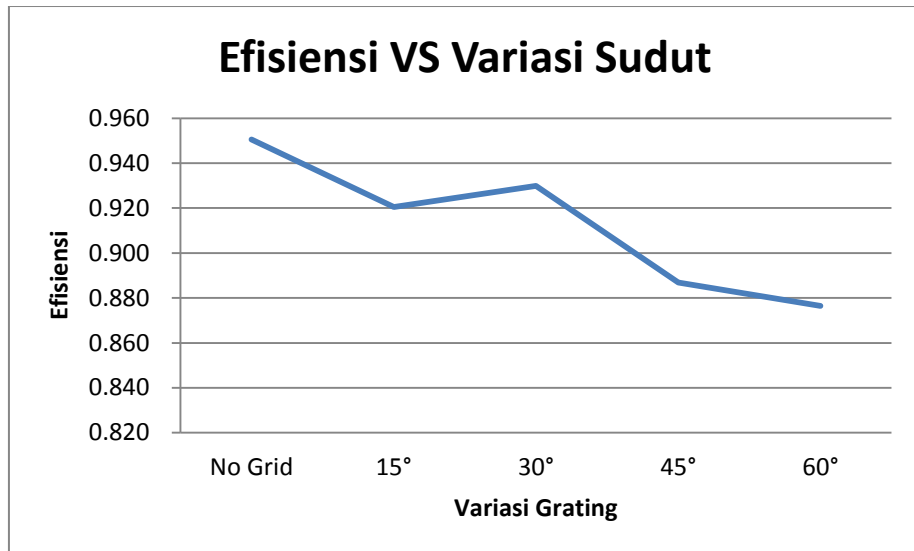
Dari perhitungan sebelumnya, telah diperoleh nilai efisiensi untuk masing-masing variasi sudut *intake grating*. Hasil dari perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan Efisiensi

No	Variation	Vin (m/s)	Vout (m/s)	$\eta$ (%)
1	No Grid	1,998	2,206	95
2	15°	1,963	2,302	92
3	30°	1,751	2,015	93
4	45°	0,871	1,093	88,7
5	60°	0,529	0,678	87,6

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:





Gambar 4.10 Grafik Nilai Efisiensi pada masing-masing variasi sudut *intake grating*

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi terbesar didapat ketika tidak menggunakan *grid* dengan nilai efisiensi sebesar 95%. Namun penurunan terkecil terjadi pada variasi sudut *intake grating* 30°, yaitu sebesar 93% dengan penurunan efisiensi sebesar 2%. Dan nilai tersebut semakin menurun seiring variasi sudut yang bertambah besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi yang paling maksimal, atau penurunan efisiensi yang paling kecil adalah dengan variasi sudut *intake grating* sebesar 30°.

#### 4.5.4 Pembahasan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menentukan variasi sudut yang tepat untuk mendapatkan pengurangan efisiensi yang seminimal mungkin. Sehingga menurut hipotesa awal *thrust* yang dihasilkan *water jet* tanpa menggunakan *grating* lebih besar daripada *thrust* yang dihasilkan dengan menggunakan *grating*. Namun dari hasil simulasi dan perhitungan ternyata didapat *thrust* pada sudut 15° lebih besar daripada *thrust* tanpa menggunakan *grating*. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah:

- Aliran fluida dari hasil simulasi tanpa *grating* terdapat pusaran atau *vortex*, sedangkan pada sudut 15° terlihat lebih *smooth*.
- Sudut kelengkungan *ducting* lebih menguntungkan untuk sudut 15°. Sehingga *thrust* yang dihasilkan lebih besar daripada tanpa *grating*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan di atas maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Debit air yang paling besar adalah pada variasi sudut  $15^\circ$  yaitu sebesar  $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedikit mengalami peningkatan dari debit air tanpa menggunakan *grating* yang memiliki debit  $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ .
2. Semakin besar sudut variasi *intake grating*, nilai debit air yang didapat semakin kecil.
3. Nilai *thrust* yang paling besar adalah pada variasi sudut  $15^\circ$  yaitu sebesar  $216,4 \text{ N}$ , bahkan lebih besar dari nilai *thrust* tanpa menggunakan *grating* yang hanya  $127,3 \text{ N}$ .
4. Semakin besar sudut variasi *intake grating*, nilai *thrust* yang didapat semakin kecil.
5. Efisiensi yang paling maksimal adalah pada variasi sudut  $30^\circ$  yaitu sebesar  $93\%$  dengan penurunan efisiensi sebesar  $2\%$  dari nilai efisiensi tanpa menggunakan *grating*.
6. Semakin besar sudut variasi *intake grating*, efisiensi yang didapat semakin kecil.
7. Dari hasil simulasi dan perhitungan maka diambil kesimpulan pemilihan variasi sudut *intake grating* yang mendapatkan *thrust* paling maksimal adalah pada sudut  $15^\circ$ .

#### **5.2 Saran**

Saran yang bisa penulis berikan setelah menyelesaikan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu menggunakan spesifikasi komputer yang lebih tinggi agar dapat melakukan simulasi menggunakan propeller sebenarnya.
2. Perlu menambah jumlah iterasi agar menghasilkan data yang lebih baik.
3. Tekanan yang dihasilkan dari *actuator disc* belum maksimal, sehingga perlu dilakukan peningkatan agar mendapat hasil yang lebih mendekati.
4. *Thrust* paling tinggi didapat pada sudut  $15^\circ$ , dan semakin menurun apabila variasi sudutnya bertambah. Sehingga untuk mendapatkan *thrust* yang lebih tinggi dapat dilakukan percobaan dengan variasi sudut  $0^\circ$  hingga  $15^\circ$ .
5. Penghitungan kecepatan rata-rata masih dilakukan secara manual, sehingga nilai yang didapat bias mengalami sedikit perubahan apabila titik sampelnya berubah. Oleh karena itu perlu dilakukan penghitungan ulang dengan titik sampel yang lebih banyak sehingga hasilnya lebih akurat. Atau menggunakan cara lain yang lebih efektif dan bisa mendapatkan hasil yang lebih akurat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

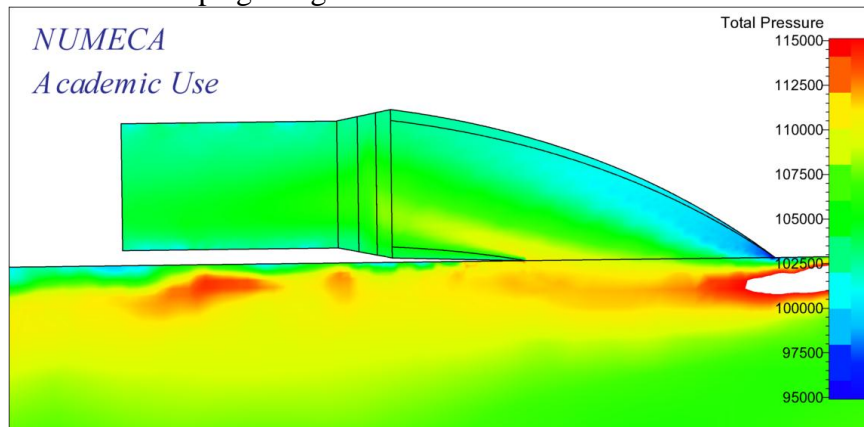
- [1] Triatmojo, Yakobus, 2014. Perencanaan Water Jet Propulsion pada Kapal Patroli. Jakarta: Universitas Darma Persada.
- [2] Adji, S.W., 2006. Pengenalan Sistem Propulsi Kapal. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Taufan, Muhammad. 2013. Water Jet, <URL:<http://www.rider-system.net/2013/04/water-jet.html>>
- [4] Nugroho Henman, 2011. Aplikasi Sistem Propulsi Hybrid Shaft Generator (Propeller dan Water jet) pada Kapal Patroli Trimaran. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Lewis, Edward V., 1988. Principle of Naval Architecture Vol. II. New York: Society of Naval & Marine Engineering.
- [6] Mikkelsen, R. F., & Sørensen, J. N. 2004. Actuator Disc Methods Applied to Wind Turbines. Lyngby: Technical University of Denmark,
- [7] Sinergi Nanotech Indonesia. 2017. Mengenal Computational Fluid Dynamics (CFD). <URL:<http://nanotech.co.id/mengenal-computational-fluid-dynamics-cfd>>
- [8] Chasanah, Uswatul, 2016. Analisa Pengaruh Sudut & Tebal Kisi Pengaman terhadap Performa Bow Thruster Menggunakan Metode CFD. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Ahmad, Fauzan. 2009. Computational Fluid Dynamics (CFD). <URL:<https://fauzanahmad.wordpress.com>>
- [10] Tuakia, Firman, 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent. Bandung: Informatika.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

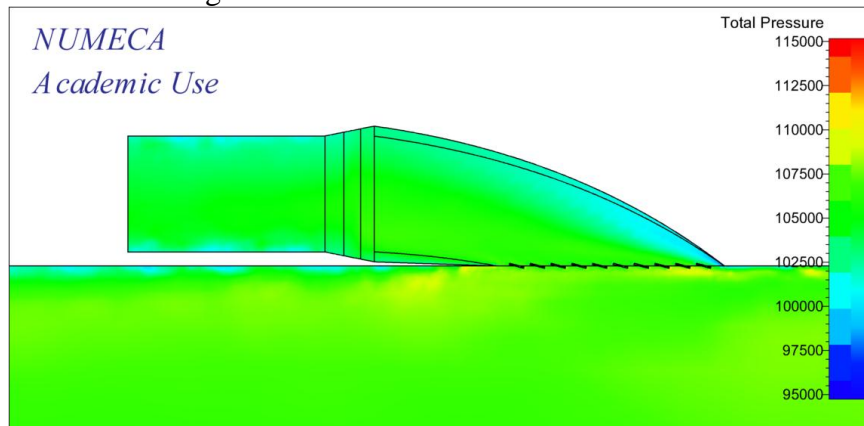
## LAMPIRAN

### Hasil Simulasi *Pressure*

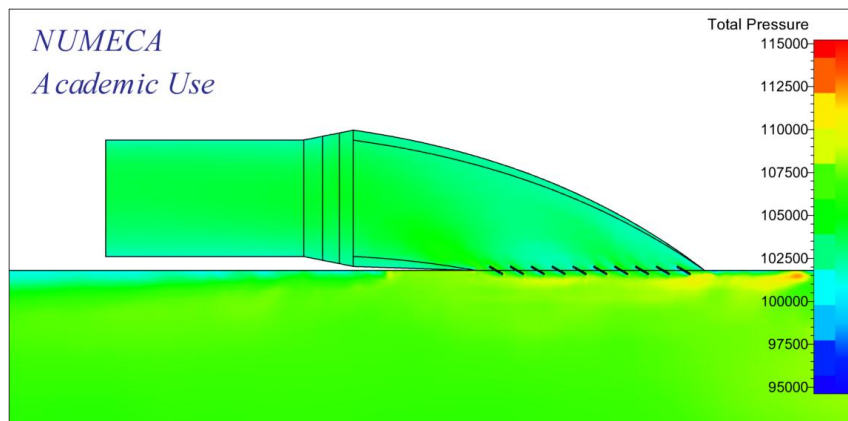
- Hasil simulasi tanpa grating



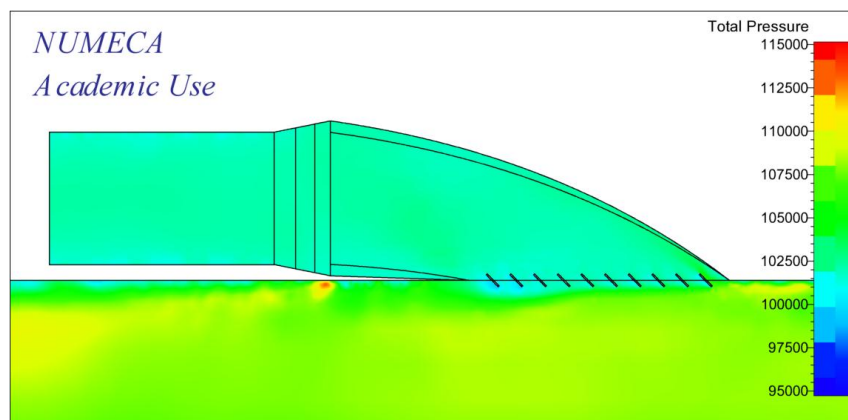
- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $15^\circ$



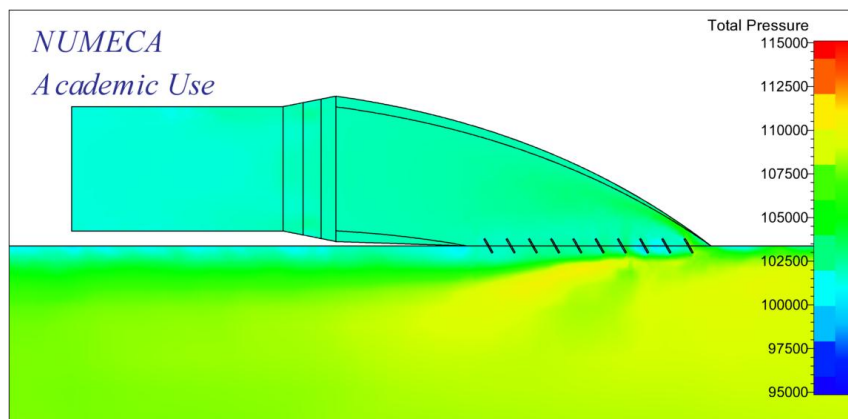
- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $30^\circ$



- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $45^\circ$



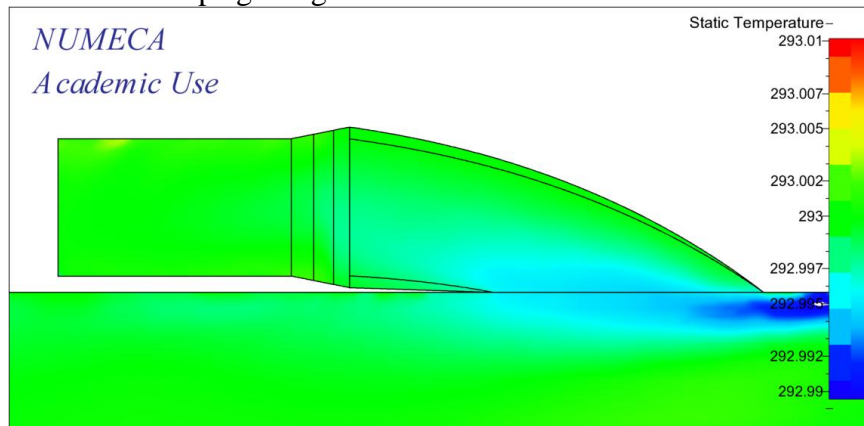
- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $60^\circ$



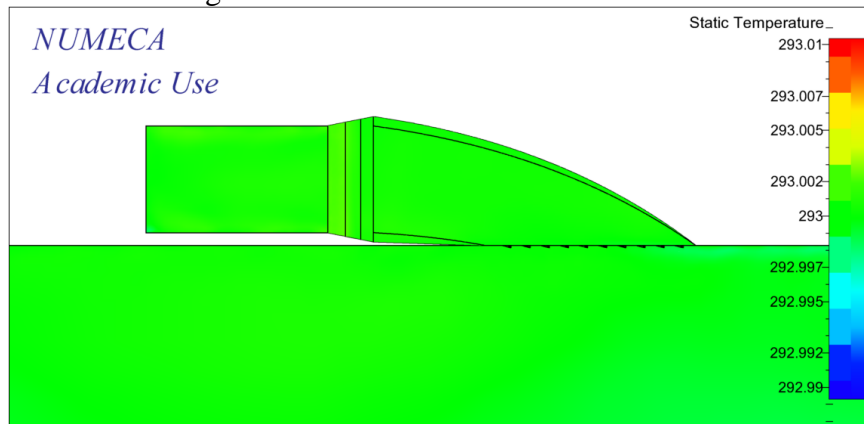


## Hasil Simulasi *Temperature*

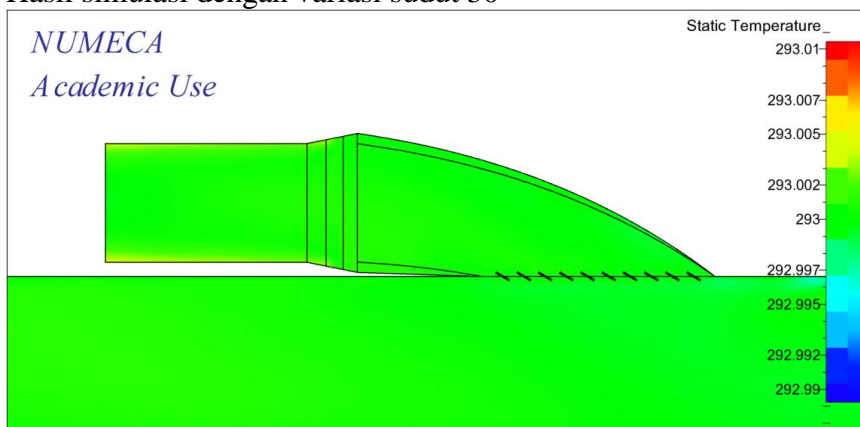
- Hasil simulasi tanpa grating



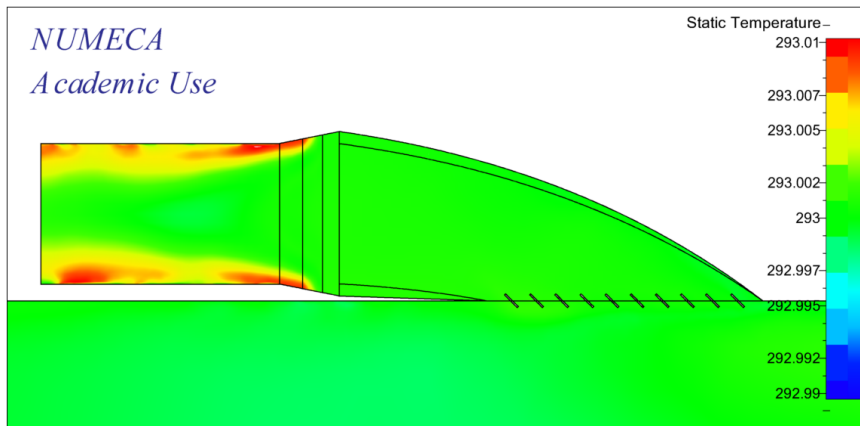
- Hasil simulasi dengan variasi sudut 15°



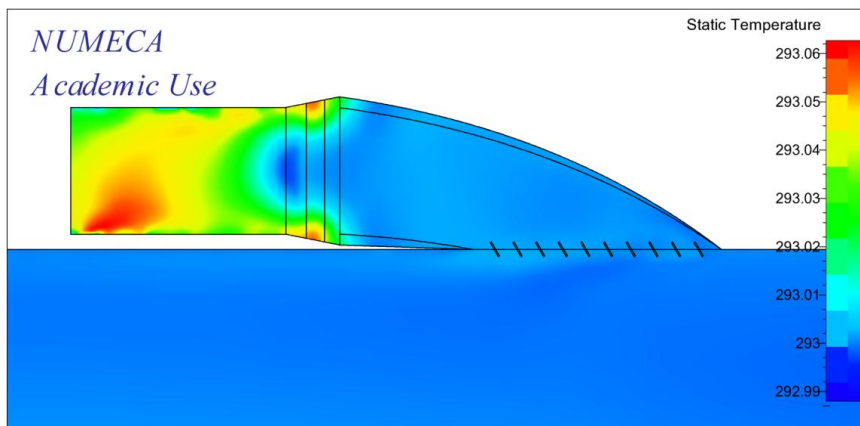
- Hasil simulasi dengan variasi sudut 30°



- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $45^\circ$

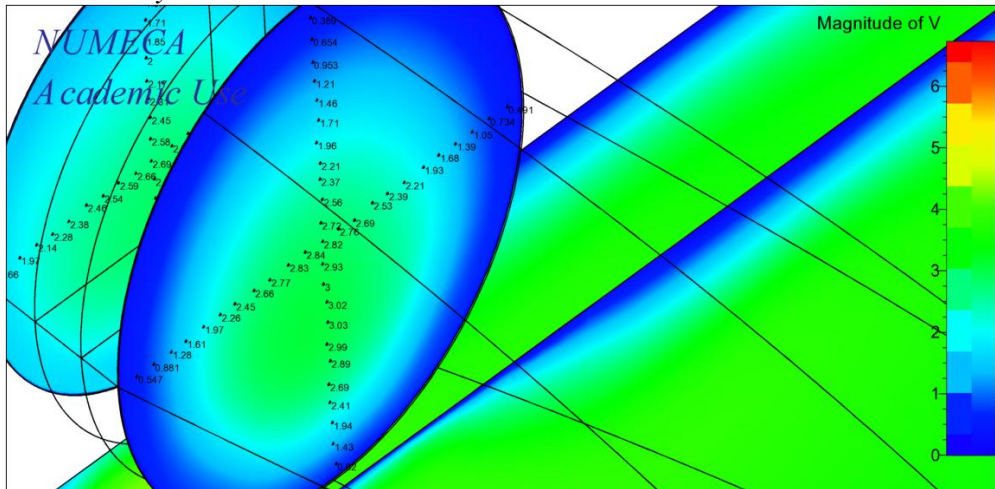


- Hasil simulasi dengan variasi sudut  $60^\circ$

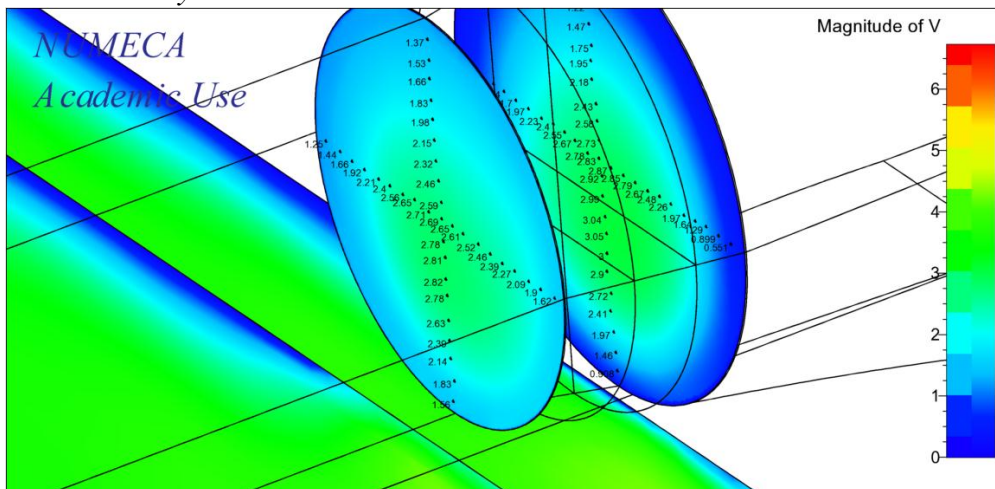


## Penentuan *Sampling Velocity*

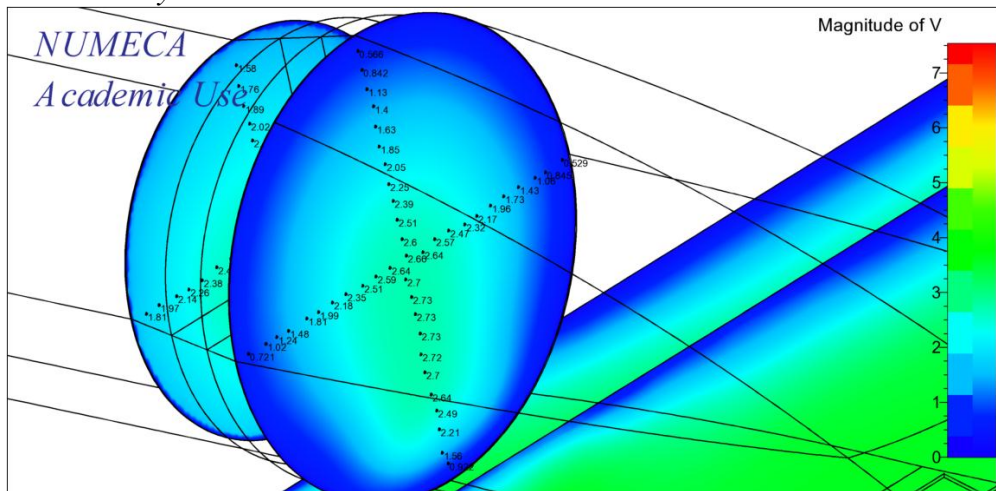
- Tanpa grating  
*Inlet velocity*



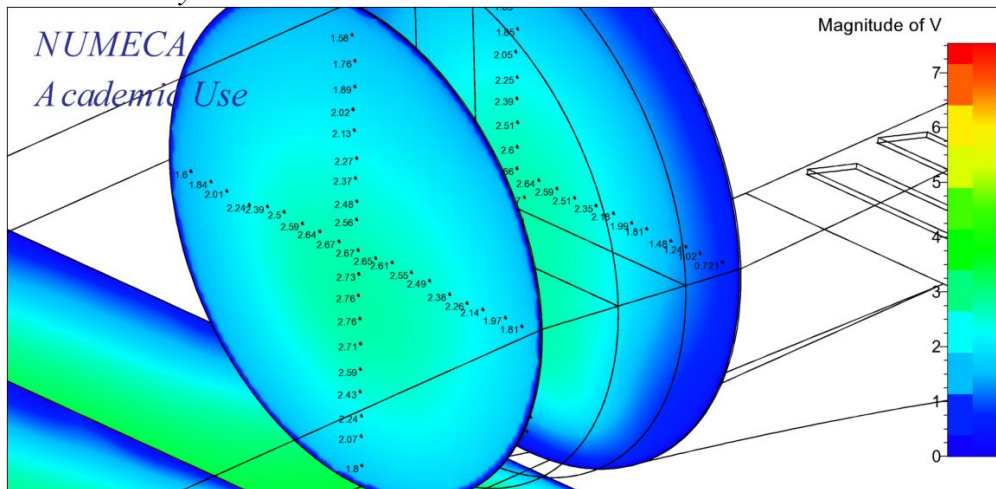
## *Outlet velocity*



- Sudut 15°  
Inlet velocity

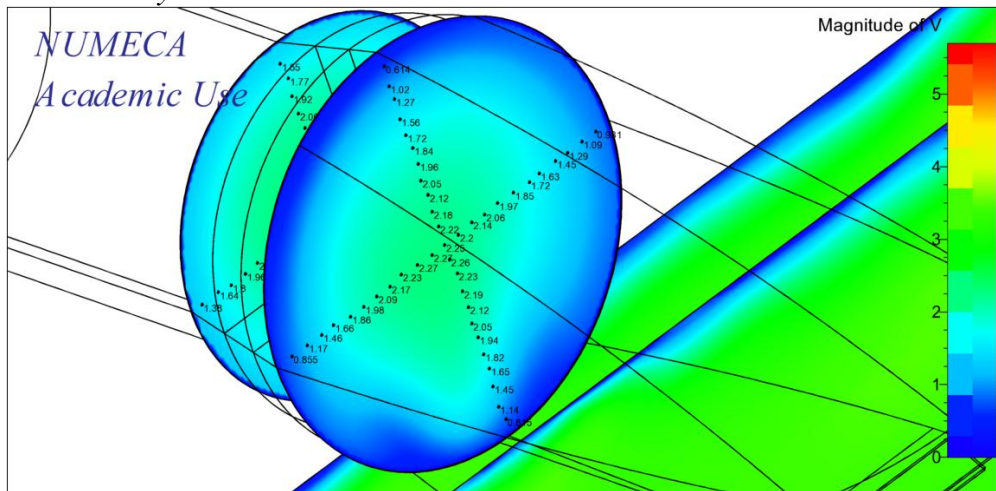


Outlet velocity

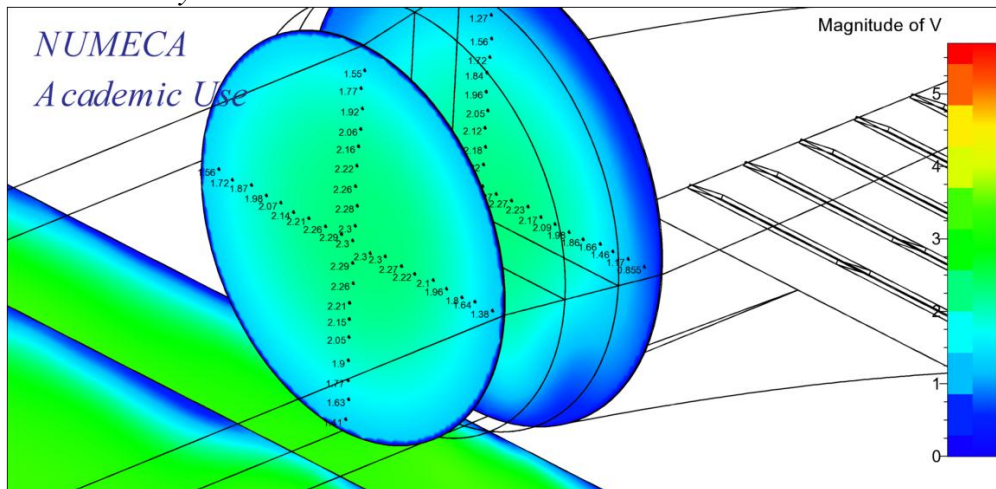


- Sudut 30°

*Inlet velocity*

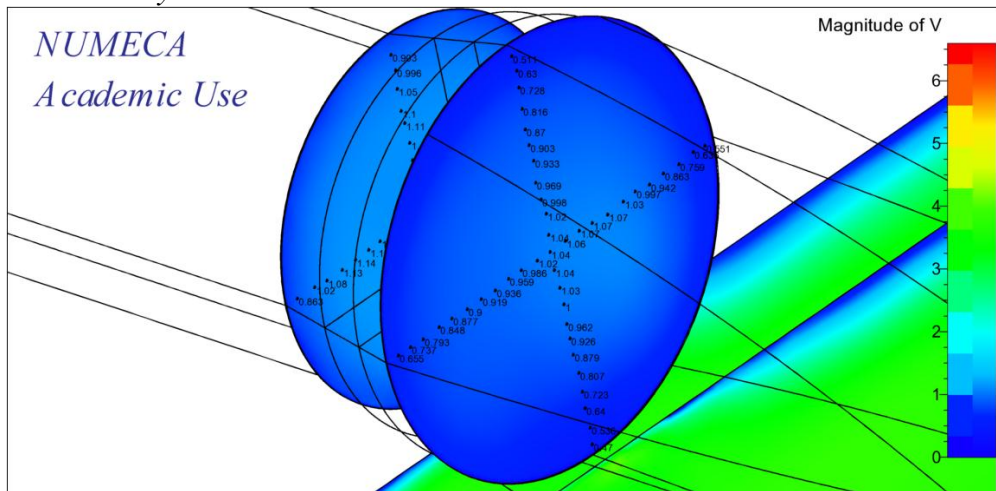


*Outlet velocity*

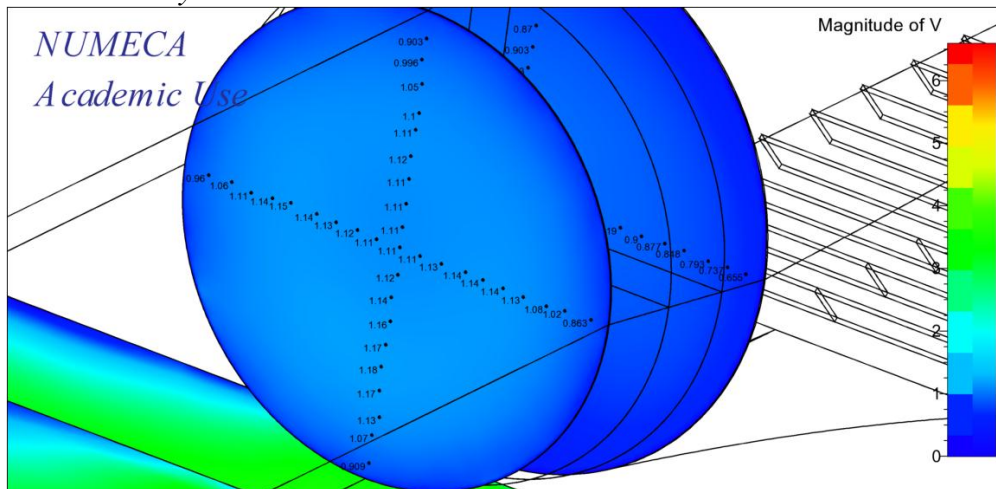




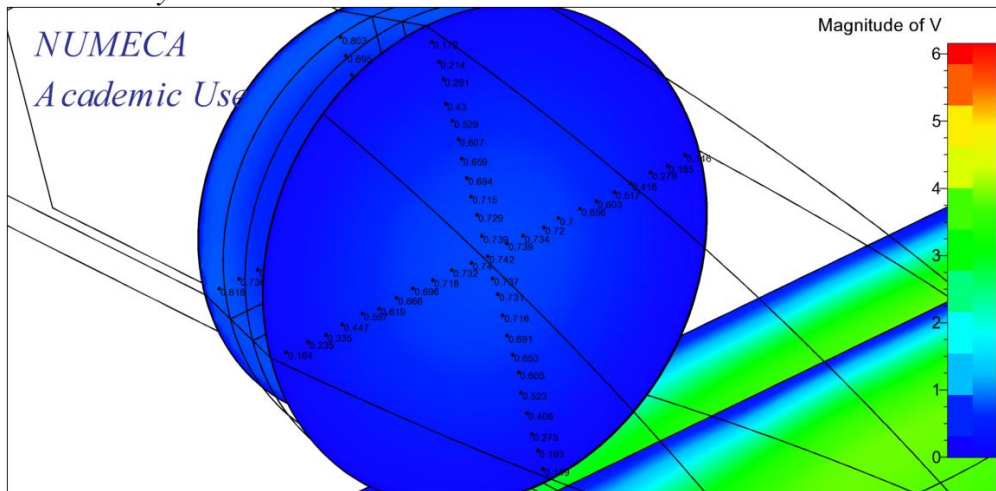
- Sudut 45°  
*Inlet velocity*



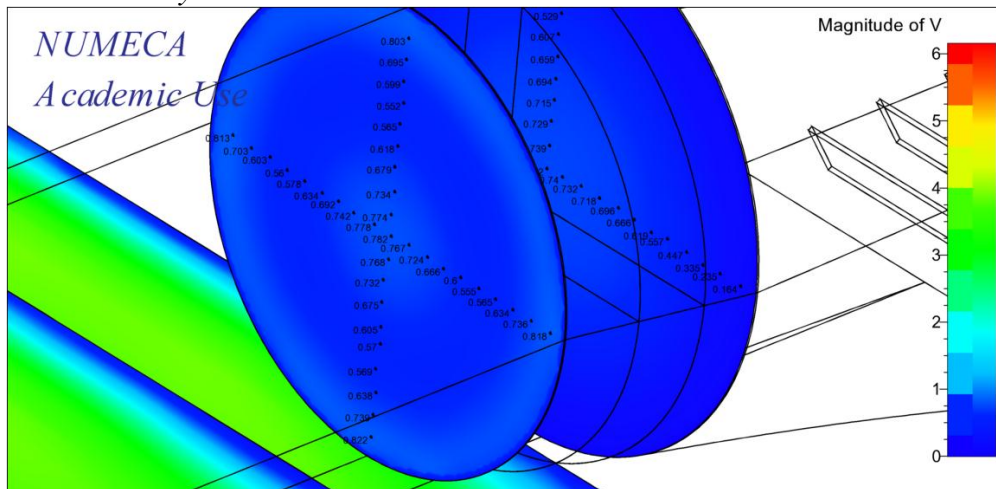
*Outlet velocity*



- Sudut 60°  
Inlet velocity



Outlet velocity



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Wonogiri, pada tanggal 26 Mei 1994, dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain SD Negeri 2 Bulukerto pada tahun 2000 sampai 2006, SMP Negeri 1 Purwanto pada tahun 2006 sampai 2009, dan SMA Negeri 1 Purwanto pada tahun 2009 sampai 2012. Seusai lulus dari SMA Negeri 1 Purwanto, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2012. Penulis Mengambil Bidang Marine Manufacture and Design (MMD) di jurusan tersebut. Organisasi yang diikuti penulis selama kuliah di ITS yaitu mengikuti organisasi Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ) Al Mi'raj Teknik Sistem Perkapalan selama dua periode. Menjabat sebagai staf Divisi Media & Dakwah pada periode 2013/2014, dan menjabat sebagai staf Divisi Mentoring pada periode 2014/2015.